

**FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO**



# **Eficiência Operacional na Indústria de Tapeçarias**

**Francisco Paredinha Araújo**

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador: Professor Doutor Américo Lopes de Azevedo

Co-orientadora: Engenheira Fernanda Barbosa

28 de Julho de 2015



A Dissertação intitulada

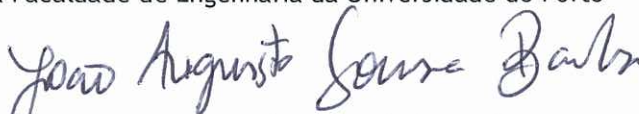
“Eficiência Operacional na Indústria de Tapeçarias”

foi aprovada em provas realizadas em 17-07-2015

o júri



Presidente Professor Doutor Carlos João Rodrigues Costa Ramos  
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores  
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Professor Doutor João Augusto de Sousa Bastos  
Professor Associado do Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior  
de Engenharia do Porto



Professor Doutor Américo Lopes de Azevedo  
Professor Associado do Departamento de Engenharia e Gestão Industrial da  
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

O autor declara que a presente dissertação (ou relatório de projeto) é da sua exclusiva autoria e foi escrita sem qualquer apoio externo não explicitamente autorizado. Os resultados, ideias, parágrafos, ou outros extratos tomados de ou inspirados em trabalhos de outros autores, e demais referências bibliográficas usadas, são corretamente citados.



Autor - Francisco Paredinha Araújo





# Resumo

O presente relatório enquadra-se no projeto de dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Através do tema da dissertação, “Eficiência Operacional na Indústria de Tapeçarias”, entende-se que o foco do trabalho é a eficiência operacional. Este assunto, muito valorizado pelas indústrias devido à competitividade do mercado, tem uma importância enorme como indicador de desempenho. Produzir mais e com melhor qualidade, ser mais competitiva, querer ser líder assumido no mercado, são fatores que levam a gerência de qualquer indústria a pensar em melhorar a produção, ou seja, ser mais eficiente.

A indústria de tapeçarias, em particular a do caso de estudo, é caracterizada por ser uma indústria *Make-to-order* e *Engineer-to-order*, visto que as carpetes produzidas são escolhidas ou mesmo concebidas para um determinado cliente. A enorme flexibilidade desta indústria traduz-se obviamente numa grande variação de operações que, por sua vez, causa grandes dificuldades na uniformização dos processos.

O projeto decorreu na fábrica Tapeçarias Ferreira de Sá, em Espinho e o trabalho desenvolvido passou por três grandes fases: compreensão do processo produtivo e recolha de informação; análise de dados e estudo do impacto de melhorias; implementação e sugestão de futuras melhorias. A eficiência operacional representa a relação entre o *output* (produtos/resultados obtidos) e os recursos utilizados para obter esses resultados. O objetivo principal do trabalho é aumentar esta relação, isto é, produzir mais reduzindo desperdícios (de recursos, de operadores, de tempo). O principal problema que tinha sido transmitido inicialmente prendia-se com o facto dos robots utilizados para a produção de carpetes terem muitas paragens, *changeovers* muito longos, variabilidade na execução das tarefas por parte dos operadores. Assim sendo, foram utilizadas essencialmente metodologias criadas e desenvolvidas no Japão, designadas por “Lean Thinking”.

A ferramenta principal usada no trabalho foi *Single Minute Exchange of Die* - SMED. Com a elaboração de uma lista de tarefas a realizar antes da produção atual terminar, conseguiu-se aproveitar o tempo em que os robots estão a produzir para se preparar a produção seguinte. Com a implementação desta medida, juntamente com uma mudança na forma de executar a operação de afiamento de lâmina, o tempo disponível para produção foi efetivamente aumentado, traduzindo-se também num aumento da eficiência operacional. Embora este projeto tenha sido implementado num espaço de tempo significativamente curto revelou-se muito importante para se determinar as causas das principais paragens nos robots e quantificar o impacto que cada uma destas tem e implementar soluções de melhoria para combater essas paragens.



# Abstract

This report is the ultimate part of the Master's dissertation project in Electrical and Computer Engineering of the Faculty of Engineering, University of Porto. The dissertation topic, Operational Efficiency in Rugs Industry, as the name implies, is focused on operational efficiency. More than ever, Operational Efficiency is a highly valued subject by industries, since the competitiveness of the market has a huge importance as a performance indicator. To produce more and with better quality, to be more competitive and to be an assumed leader in market are factors that any industry need to think about in order to improve the production. So, operational efficiency is the ratio of the output (products / results) and the resources used to obtain these results.

In this project, the case study is an industry based on a custom-made production system and thus it is characterized by being a Make-to-order and an Engineer-to-order system. The produced carpets are chosen or even specifically designed for each client. The enormous flexibility of this industry is obviously reflected in a wide range of operations, which causes major difficulties in standardization of processes. The project was developed in Tapeçarias Ferreira de Sá industry, in Espinho. The followed methodology was divided into three phases that have been important for the successful development of the work. These three phases consist of: 1) understanding the production process and data collection; 2) data analysis and study of the impact of improvements; 3) implementation and suggestions for future improvements.

The main goal of this work is to increase operational efficiency, that is, to produce more by reducing waste (of resources, operators and time). The main problem that had been transmitted initially held with the fact that the robots used for carpet production have many stops, very long changeovers, variability in the performance of tasks by operators. In this case study, the company aimed to improve levels of efficiency in the field of operations and for that it was applied improvement tools/methodologies. These improvement tools implemented in this work come from a thought process called Lean Manufacturing, which appeared in Japan in the 50's, in Toyota Production System. The key tool used in the study was Single Minute Exchange of Die - SMED. With the preparation of a list of tasks to perform before the end of the actual production, it is possible to take the time in which robots are producing to prepare the next production. By implementing this measure together with a change in blade sharpening operation, the time available for production was effectively increased, resulting thereby in increased operating efficiency.

Although this project has had a short duration (about four months), it was very important to know what are the causes of the main stops on robots, quantify the impact that each of these have and implementation of the improvements tools.



# Agradecimentos

Ao Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores e à empresa Tapeçarias Ferreira de Sá, por terem proporcionado as condições necessárias à realização deste projeto.

Ao Professor Doutor Américo Lopes de Azevedo, meu orientador, pela sua disponibilidade, conhecimento e entusiasmo manifestado durante o desenvolvimento de todo o trabalho. Foi um privilégio e mais valia ter sido seu orientando.

À Engenheira Fernanda Barbosa, minha co-orientadora e gerente da empresa onde foi realizado o estágio, pela disponibilidade e grande apoio que a empresa demonstrou durante este estágio.

A todos os colaboradores da empresa, mais especificamente aos colegas do departamento da Qualidade e Produção pela ajuda e disponibilização de material ou ferramentas de trabalho sempre que solicitadas.

À AEFEUP, a todas as pessoas que fazem parte desta associação e pelos grandes laços de amizade criados neste último ano de dirigente associativo.

Aos colegas de curso que ao longo destes 5 anos me acompanharam e ajudaram a chegar até aqui. Obrigado também por estes anos incríveis.

Aos amigos “limianos”, ao “Ambrósio” e aos meus amigos que estão no Porto, pela presença na minha vida. Os jantares, os cafés e as conversas por vezes mais esporádicas são sempre incríveis.

À Marta, pelo carinho, conselhos e paciência infinita. A tua boa disposição ajudava a recarregar energias quando parecia mais difícil.

Aos meus pais e irmã, por estarem sempre presentes e pelo apoio e compreensão inestimáveis.

Francisco Paredinha Araújo



*“Long you live and high you fly  
And smiles you’ll give and tears you’ll cry  
And all you touch and all you see  
Is all your life will ever be”*

Roger Waters, David Gilmour and Richard Wright  
in “Breathe”, Dark Side of the Moon (1973)  
Pink Floyd





# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Enquadramento do projeto . . . . .	1
1.2	Apresentação do Problema . . . . .	2
1.3	Objetivos . . . . .	3
1.4	Metodologia . . . . .	3
1.5	Estrutura da Dissertação . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Revisão Bibliográfica</b>	<b>5</b>
2.1	Pensamento Lean . . . . .	5
2.1.1	Origem e fundamentos . . . . .	5
2.1.2	7 desperdícios . . . . .	8
2.1.3	Ferramentas Lean . . . . .	9
2.2	Ferramentas de análise causa-efeito . . . . .	13
2.3	Overall Equipment Effectiveness (OEE) . . . . .	13
2.3.1	Cálculo das componentes do OEE . . . . .	15
2.4	Sistema produtivo . . . . .	16
2.4.1	Tipos de produção . . . . .	17
<b>3</b>	<b>Caraterização da empresa</b>	<b>19</b>
3.1	Introdução . . . . .	19
3.2	Estrutura da organização . . . . .	19
3.3	Produção . . . . .	20
3.3.1	As diferentes produções . . . . .	20
3.3.2	Fases de produção . . . . .	22
3.3.3	Tipo de produção . . . . .	24
3.3.4	Produtos . . . . .	25
3.3.5	Certificação da qualidade . . . . .	26
3.4	Mercado e gama de clientes . . . . .	26
3.4.1	Evolução da faturação . . . . .	28
3.5	Sistemas de fnformação . . . . .	28
3.6	Conclusão do capítulo . . . . .	29
<b>4</b>	<b>Caso de estudo: Análise da Eficiência Operacional</b>	<b>31</b>
4.1	Fase de Integração e conhecimento do método de produção da empresa . . . . .	31
4.1.1	VSM - Value Stream Mapping . . . . .	32
4.2	Recolha de dados . . . . .	34
4.2.1	Lista de operações . . . . .	35
4.3	Fases da produção robot-tufting . . . . .	36

4.3.1	Matriz de responsabilidades - produção robot tufting . . . . .	37
4.3.2	Setup dos robots . . . . .	38
4.4	Análise das paragens dos robots . . . . .	42
4.4.1	Diagrama de Ishikawa . . . . .	42
4.4.2	Análise dos dados recolhidos . . . . .	44
4.5	Implementações/Trabalho de melhoria . . . . .	47
4.5.1	SMED . . . . .	48
4.5.2	Implementação “2 lâminas” . . . . .	50
4.5.3	Inquérito aos operadores . . . . .	54
4.6	Conclusão do capítulo . . . . .	57
<b>5</b>	<b>Conclusão e Trabalho Futuro</b>	<b>59</b>
5.1	Satisfação dos objetivos e conclusão . . . . .	59
5.2	Trabalho futuro . . . . .	60
	<b>Referências</b>	<b>63</b>
<b>A</b>	<b>Showroom da empresa - cores para configuração da carpete</b>	<b>65</b>
<b>B</b>	<b>Tabela de recolha de dados - versão inicial</b>	<b>67</b>
<b>C</b>	<b>Software Tuftmachine (Hitex)</b>	<b>69</b>
<b>D</b>	<b>Lista de operações/paragens</b>	<b>73</b>
<b>E</b>	<b>Fotografia da cabeça do robot</b>	<b>77</b>
<b>F</b>	<b>Instrução de trabalho para o uso de (pelo menos) 2 lâminas</b>	<b>79</b>
<b>G</b>	<b>Modelo de registo do reaproveitamento de lâminas</b>	<b>81</b>
<b>H</b>	<b>Inquérito entregue aos operadores</b>	<b>83</b>
<b>I</b>	<b>Planta da Produção</b>	<b>87</b>
<b>J</b>	<b>Sugestões de Melhoria</b>	<b>89</b>

# Lista de Figuras

1.1	Ciclo representativo da metodologia adotada . . . . .	4
2.1	Os 5 princípios de Lean Thinking - Fonte: Deloitte MCS Limited . . . . .	8
2.2	Esquema representativo de medição do OEE - <a href="#">Nakajima (1988)</a> . . . . .	15
2.3	Classificação do sistema produtivo e relação entre os diferentes tipos . . . . .	16
3.1	Organigrama da Empresa . . . . .	20
3.2	Método de produção Hand-Knotted . . . . .	20
3.3	Carpete produzida por método Hand-Woven . . . . .	21
3.4	Método de produção Robot-Tufting . . . . .	21
3.5	MTO: Catálogos disponíveis - imagem retirada do site da empresa . . . . .	24
3.6	Exemplo de trabalho ETO . . . . .	24
3.7	CTO: Cores para configuração do produto segundo o <i>ARS Color Reference System</i> . . . . .	25
3.8	Vidago Palace . . . . .	25
3.9	Projetos da TFS . . . . .	26
3.10	Showroom da empresa . . . . .	27
3.11	Representação dos grandes grupos de clientes . . . . .	28
3.12	Evolução da faturação da empresa . . . . .	28
4.1	VSM da parte de produção da Empresa . . . . .	33
4.2	Matriz de Responsabilidades - Produção Robot Tufting . . . . .	37
4.3	Fotografia da cabeça do robot usada para o tufting . . . . .	38
4.4	Fluxograma - Operação Preparar Robot . . . . .	41
4.5	Diagrama Causa-Efeito sobre a baixa utilização dos robots . . . . .	42
4.6	Tipos de Paragens . . . . .	44
4.7	Diagrama de Pareto . . . . .	47
4.8	Checklist - SMED . . . . .	50
4.9	Suporte das lâminas colocado no posto de trabalho . . . . .	52
4.10	Suportes implementados em cada robot . . . . .	53
4.11	Desorganização/inutilização das lâminas no posto de trabalho . . . . .	53
4.12	Mecanismo utilizado para fixar a tela. . . . .	55
A.1	Cores agrupadas por diferentes sistemas de referência . . . . .	65
B.1	Documento de recolha de dados - versão inicial . . . . .	67
B.2	Parte do documento de recolha de dados - versão final . . . . .	68
C.1	Ambiente principal do software . . . . .	69
C.2	Parâmetros de produção . . . . .	70

C.3	Parâmetros do robot . . . . .	71
E.1	Fotografia da cabeça legendada (usada em 6 robots) . . . . .	77
F.1	Instrução de trabalho para o uso de (pelo menos) 2 lâminas . . . . .	79
G.1	Modelo de registo do reaproveitamento de lâminas usadas . . . . .	81

# Lista de Tabelas

2.1	Explicação dos diferentes tipos de produção . . . . .	17
3.1	Principais Fases de Produção . . . . .	23
4.1	Velocidade de produção das várias operações, dependendo do nº de turnos semanais, nº de horas e nº de células . . . . .	34
4.2	Operações/Tarefas de preparação da cabeça de robot . . . . .	39
4.3	Exteriorização de operações - SMED . . . . .	48
4.4	Tempo para afiar lâmina . . . . .	51
4.5	Tempo utilizando 2 lâminas . . . . .	51
5.1	Análise FCA para <i>Setup</i> . . . . .	60
5.2	Análise FCA para problemas relacionados com a Estrutura. . . . .	61
5.3	Análise FCA para problemas relacionados com Fio. . . . .	61
5.4	Análise FCA para Variabilidade de Produção. . . . .	61
5.5	Análise FCA para Tempo Morto. . . . .	61
D.1	Operações de preparação de máquina e estrutura . . . . .	73
D.2	Operações de preparação dos inputs, de preparação/teste de amostra e de produção de carpete. . . . .	74
D.3	Operações de finalização das fichas e mapas de produção; lista de paragens não planeadas . . . . .	75



# Abreviaturas e Símbolos

ATO	Assemble to Order
CAD	Computer-aided design
CTO	Configure to Order
ERP	Enterprise resource planning
ETO	Engineer to Order
FCA	Facto, Causa e Acção
MTO	Make to Order
MTS	Make to Stock
OEE	Overall Equipment Effectiveness
PDCA	Plan Do Check Act cycle
SMED	Single Minute Exchange of Die
SPAIP	Sistema de Partilha e Armazenamento da Produção
TFS	Tapeçarias Ferreira de Sá
TPS	Toyota Production System
TQM	Total Quality Management
VSM	Value Stream Mapping





# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Enquadramento do projeto

A Eficiência Operacional, que se traduz muito resumidamente na capacidade de uma empresa produzir e entregar um produto a um cliente com o menor custo, melhor qualidade e maior rapidez possível, é um tema fulcral hoje em dia. A competitividade do mundo empresarial é enorme, a constante mudança dos mercados e fatores externos fazem com que seja difícil para uma empresa manter os seus níveis de produção e para isso é do interesse comum aumentar os níveis de produtividade, eliminar desperdícios, motivar os trabalhadores, entre outros, para no fim, aumentar as receitas. Por vezes, as empresas recorrem a uma gestão baseada apenas na posição económica no mercado em vez de se focar nos problemas que existem no processo produtivo da empresa. Indicadores de desempenho, representativos da eficiência da produção e das operações são mais importantes para o sucesso da empresa.

Esta proposta de dissertação surge por parte da empresa Tapeçarias Ferreira de Sá, LDA e teve a duração de pouco mais de 4 meses. A TFS é empresa industrial líder de mercado na produção de tapeçarias de luxo / carpetes de elevada qualidade. A empresa pretende melhorar os níveis de eficiência no domínio das operações e, para atingir esse objetivo, vão ser aplicadas ferramentas/metodologias do pensamento Lean.

É por demais evidente que a eficácia e eficiência dos processos produtivos têm um papel fundamental nos resultados de uma indústria. Grande parte das medidas que foram implementadas neste trabalho baseiam-se no pensamento designado por Lean Thinking, que teve origem no Japão, no também conhecido Toyota Production System. As ferramentas/metodologias Lean são muito fáceis de se perceber, porém, a dificuldade encontra-se na sua aplicação num ambiente industrial com muita pressão, cansaço, em que os trabalhadores querem apenas cumprir o seu trabalho diário. Esta abordagem Lean tem a vantagem de ter custos muito reduzidos, focando-se apenas nas formas de trabalhar e mentalidade dos operadores. Um desafio importante num trabalho destes é implementar uma cultura organizacional necessária para que metodologias de melhoria consigam ser bem implementadas e produzir efeito.

Para concluir, espero que no fim deste projeto se tenha conseguido melhorar a eficiência operacional aplicando o que foi dito acima, obtendo como resultado uma motivação maior dos trabalhadores e fundamentalmente uma maior produção com menos custos/recursos e que a experiência de trabalhar num ambiente industrial seja uma mais valia.

## 1.2 Apresentação do Problema

Um dos grandes problemas atuais das indústrias é a dificuldade em aguentar um mercado tão competitivo em que qualquer erro cometido a nível de produção, de ineficiência operacional e/ou desperdício pode comprometer seriamente o futuro da indústria em questão. Por esta razão, as indústrias tentam encontrar e implementar os melhores métodos de satisfazer as necessidades dos clientes, reduzindo os tempos de produção e os custos e aumentando a qualidade, ou seja, fazer mais com menos. Assim sendo, o “problema” a ser resolvido neste trabalho prende-se com o facto de aumentar a eficiência operacional numa indústria de tapeçarias. Na empresa em questão, os produtos são projetos individuais e personalizados, o que faz que seja mais complicado implementar medidas de melhoria devido à complexidade e não uniformização das operações.

Hoje em dia, as indústrias que querem ser competitivas têm de ser flexíveis, capazes de produzir pequenos e diferentes lotes com frequência. Isso obviamente implica um aumento do número de setups e o objetivo passa por reduzir os períodos de tempo que não acrescentam valor para o cliente, isto é, diminuir o tempo de setup. (Sugai et al. 2007) Para se resolver o problema, é necessário fazer muito trabalho de campo, perceber as causas dos problemas e assim tentar chegar-se a melhorias operacionais que ajudem o trabalho dos operadores e sejam mais eficientes. Muitas vezes, mesmo estando a ser implementadas as medidas corretas, o problema que o Lean Thinking encontra é a falta de cultura da organização. Se todos os operadores da empresa não estiverem “por dentro” das medidas que se pretendem aplicar, o trabalho não terá resultados positivos. Exemplo claro disso é o caso de estudo “O novo sistema de qualidade da fábrica Peugeot em Villaverde, Espanha” (Trulock 2000), que demonstra como a confiança, motivação, formações, a não existência do medo de errar dos operadores juntamente com um pensamento focado na melhoria contínua são as chaves da boa aplicação de medidas Lean.

As empresas para responder à competitividade do mercado, ambicionam sempre ter melhores processos de produção, com menos recursos e sem desperdício. A empresa em estudo pretende melhorar os níveis de produtividade e, para atingir esse objetivo, as ferramentas e metodologias de melhoria a seguir são abordagens Lean. Apesar de já estarem bem desenvolvidas, é preciso fazer-se um estudo no caso da empresa em questão pois “cada caso é um caso”. A teoria da maioria das ferramentas Lean é fácil de entender, o problema centra-se na aplicação num contexto real onde existem os mais variados problemas, tais como: resistência por parte dos operadores; capacidade de produção máxima da fábrica (que impossibilita a realização de testes); dependência de várias pessoas ou recursos para começar uma operação, por exemplo. Num ambiente industrial, verifica-se que surgem problemas regularmente, com as mais variadas origens. Todos estes fatores são adversos à implementação de novas medidas, até se provar a potencialidade destas.

## 1.3 Objetivos

O principal objetivo desta dissertação encontra-se dentro do domínio das operações e é o seguinte: Projeto de identificação e análise de perdas de eficiência operatória com o propósito de preceder ao desenvolvimento de estratégias operacionais de melhoria da produtividade global. Por outras palavras, aumentar a produção gerindo os recursos necessários (pessoas, tempo, equipamentos e espaço) e utilizando-os de forma eficiente.

Resumidamente, o que se pretende com este trabalho é:

- Entender e perceber as causas que limitam o nível de utilização nos recursos chave;
- Quantificar os tempos das diversas operações de *changeover*;
- Saber que impacto estas paragens têm na produtividade global;
- Implementar soluções de melhoria através das abordagens Lean;
- Propor soluções futuras de melhoria.

Os objetivos de trabalho acima descritos foram abordados na primeira reunião com a gerência. Assim sendo, no fim do projeto, além das futuras potenciais melhorias espera-se obter um valor de produtividade melhor, traduzindo o efeito das melhorias implementadas.

## 1.4 Metodologia

A metodologia seguida para a concretização deste projeto foi dividida em três grandes fases. Todas foram fulcrais para o bom desenvolvimento do trabalho, visto que o papel de cada uma é muito importante. As fases não foram executadas exclusivamente uma a uma, por exemplo, a execução do projeto e a elaboração da documentação foram feitas em simultâneo. As fases são:

1. **Fase de Preparação** - fez-se o trabalho de pesquisa para se ter o devido enquadramento teórico;
2. **Fase de Desenvolvimento** - fez-se o trabalho prático do projeto, podendo dividir-se esta fase em:
  - (a) Recolha de dados;
  - (b) Análise de dados;
  - (c) Implementações de melhoria;
  - (d) Sugestões de futuras melhorias.
3. **Documentação final** - fase destinada para a criação dos documentos necessários e que re-latam o trabalho feito.

Assim sendo, as fases acima referidas são integradas no seguinte ciclo iterativo, que representa a metodologia seguida:

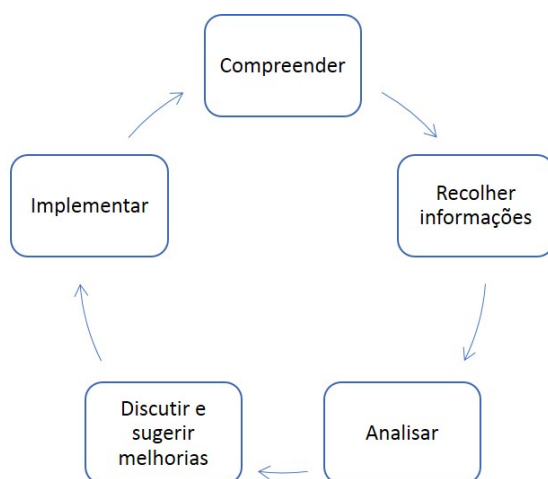


Figura 1.1: Ciclo representativo da metodologia adotada

## 1.5 Estrutura da Dissertação

O presente documento encontra-se organizado em 5 capítulos, que foram desenvolvidos de forma lógica e seguindo uma sequência. Este primeiro capítulo, serve para introduzir o leitor sobre o contexto do projeto, apresentar o problema em questão, a metodologia seguida, bem como os objetivos deste trabalho. No capítulo 2, é apresentada uma revisão bibliográfica, isto é, o Estado da Arte. É feito um enquadramento teórico sobre as ferramentas/metodologias de melhoria e explicado como se implementam; também faz-se referência dos vários sistemas produtivos (para se entender qual é o tipo de produção da empresa em questão) e o OEE.

De seguida, no capítulo 3, é apresentada e caracterizada a empresa: estrutura da organização, as várias fases/etapas da produção, os tipos de artigos produzidos, a certificação, o mercado, gama de clientes e a evolução/crescimento da empresa.

No capítulo 4, é apresentado o trabalho desenvolvido relativamente ao caso de estudo. É mostrado o que foi realizado em cada passo do trabalho, desde a fase de integração na empresa, os esquemas/diagramas elaborados, até às implementações de melhoria realizadas.

Para concluir, no capítulo 5, expõem-se as reflexões finais: se foram ou não cumpridos os objetivos previstos, que trabalho futuro há a fazer e quais as conclusões principais depois de se realizar este projeto.

## Capítulo 2

# Revisão Bibliográfica

Neste capítulo é feito o enquadramento teórico. É explicada a origem do pensamento Lean, sendo este a base do trabalho desenvolvido; são também abordadas e explicadas as metodologias e ferramentas de melhoria, relacionadas com o trabalho desenvolvido.

### 2.1 Pensamento Lean

#### 2.1.1 Origem e fundamentos

*Lean Manufacturing*, caracterizado por ser uma filosofia, apareceu nos anos 50, na fábrica da Toyota, no Japão pós-guerra. Entende-se então por *Lean Manufacturing* o combinar de técnicas organizacionais focadas no cliente; esta filosofia tinha como ideias base, a eliminação do desperdício e consequente menor utilização de recursos, o aumento da produtividade e essencialmente da flexibilidade de produção. Esta flexibilidade iria permitir à indústria ser mais ágil e rápida a responder às mudanças constantes do mercado, o que se tornou essencial para o sucesso deste pensamento. O *Lean Manufacturing*, comparativamente com os outros dois métodos de produção mais usados na altura - Produção em Massa e, anterior a esta, Produção Artesanal, mostrou-se claramente melhor em quase todos os aspetos (Womack et al. 1990). A produção artesanal era caracterizada por ter trabalhadores altamente qualificados e flexíveis, ferramentas de trabalho simples, que faziam peças únicas e com qualidade de acabamento. Esta produção muito customizada tinha a desvantagem económica de ter custos muito altos e que se tornavam inviáveis.

Henry Ford, da *Ford Motors*, criou a primeira linha de produção em 1913, para desenvolver o modelo Ford T, revolucionando a indústria mundial (fonte: site da ford.co.uk). Ford e Alfred Sloan, da *General Motors*, foram os principais pioneiros deste novo modelo de produção, a "Era da Produção em Massa". Esta caracterizava-se por ter operadores sem qualificação, que faziam trabalhos muito simples e bastante repetitivos. Como a linha de produção era montada para o produto seguir um percurso, este tipo de produção não tinha flexibilidade, ou seja, o objetivo era apenas e unicamente produzir a mesma coisa vezes sem conta. Neste tipo de produção, a variedade era quase nula e consequentemente, os custos de produção eram obviamente baixos, comparativamente com o método de produção artesanal.

O Japão, nos anos 50, devastado pela guerra, encontrava-se então numa situação muito oposta à dos EUA em que não tinha investidores nem dinheiro para investir na indústria. Curiosamente, dois consultores norte-americanos, Dr. Joseph Juran e Dr. W. Edwards Deming, que foram para o Japão a seguir à guerra para ajudar na "reconstrução" do país, foram os principais impulsionadores da nova cultura industrial no Japão. A primeira edição do livro de Joseph Juran, intitulado de "Quality Control" (considerada obra de referência), de 1951, levou os japoneses a convidá-lo no ano seguinte para ser consultor em indústrias japonesas, chegando a dar aulas em várias universidades (Juran 2004). Este focava-se mais na produção com qualidade, abrangendo todas as áreas de uma empresa. Trabalhando independentemente, Deming defendia que uma organização com bons princípios de gestão, ia ter menos custos e mais qualidade, como se pode perceber na seguinte frase:

“No one knows the cost of a defective product - don't tell me you do. You know the cost of replacing it, but not the cost of a dissatisfied customer.” - W. Edwards Deming

Deming, Eiji Toyoda e Taichii Ohno, da Toyota, depois de constatar que o tipo de produção usado por todo o mundo não servia para o Japão, criaram o TPS - *Toyota Production System*. O *Lean Manufacturing*, já falado no primeiro parágrafo, fazia parte deste sistema de produção, agrega as principais vantagens dos outros dois tipos de produção, acrescentando algumas novas ideias importantes (Womack et al. 1990):

- Elevada flexibilidade (produção artesanal);
- Baixos custos (produção em massa);
- Operadores com bastantes qualificações;
- Rápida capacidade de resposta e qualidade do produto;
- Nenhum stock;
- Redução máxima do desperdício;
- Foco no cliente.

O *Lean Manufacturing* tem uma vantagem enorme em relação aos outros tipos de produção, que é a motivação dos operadores. Estes têm tarefas que variam consoante o projeto ou produto em execução, podendo assim ter um trabalho estimulante e diferente. Além disso, há um envolvimento muito diferente dos operadores, isto é, estes sabem a carga de trabalhos que têm pendente, que é fundamental para que sintam alguma pressão, responsabilidade e motivação; um dos objetivos desta filosofia é evitar o retrabalho e retificação dos produtos no final da produção, que corresponde a um custo muito elevado de muitas empresas. Para isso, foi "passada" essa responsabilidade para os operadores. Este aspeto é uma das desvantagens deste pensamento *Lean* visto que deixa os operadores com medo e insegurança de cometer erros que certamente acarretam prejuízo.

Assim sendo, os responsáveis do sistema de produção da Toyota (TPS) começaram a implementar nas fábricas da Toyota diferentes técnicas e pensamentos ao nível da produção. A seguinte frase de Taiichi Ohno - “All we are doing is looking at the time line from the moment the customer gives us an order to the point when we collect the cash. And we are reducing that time line by removing the non-value-added wastes”. (Ohno 1988) – um dos maiores responsáveis do Toyota Production System - basicamente explica o que se entende por Lean. A capacidade do sistema de produção conseguir responder rapidamente às variações de mercado, de forma flexível, a mão-de-obra motivada e qualificada foram alguns dos pontos principais que foram melhorados. Durante as décadas seguintes as ferramentas e metodologias de Lean Manufacturing foram aperfeiçoadas visto que os resultados revelaram-se positivos. Na década de 90, o termo Lean ficou muito conhecido no livro “*The Machine that Changed the World*” (Womack, Jones, and Daniel 1990) e chega mesmo a ganhar uma dimensão global sendo que muitas indústrias adotaram esta filosofia também. No livro em questão é apresentado um estudo realizado pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology) onde se explica o sucesso da fábrica da Toyota e também as vantagens que as metodologias Lean traziam para a indústria.

A filosofia Lean focava-se essencialmente nas operações a nível industrial, sendo mais recente aplicada também em outras áreas, surgindo as expressões *Lean Enterprise* ou *Lean Business System*.

Em “Lean Thinking” (Womack and Jones 1996), os autores apresentam 5 princípios chave que uma organização tem de seguir para implementar este pensamento. Estes são:

- Valor: especifica e identifica o que cria valor para o cliente, na perspetiva deste.
- Cadeia de Valor: identifica todas as etapas necessárias para satisfazer o cliente consoante a sua encomenda.
- Fluxo: eliminar ações/etapas que não acrescentem valor para o cliente e tornar os restantes processos mais fluídos entre si.
- Puxar (Pull): produzir o que é apenas pedido pelo cliente, *just-in-time*. Assim evita-se a acumulação de stocks.
- Perfeição: objetivo final de todos os que pretendem implementar o Lean Thinking. Processo de melhoria que vai removendo continuamente os desperdícios detetados. Trabalho em conjunto de todos os envolvidos nas etapas da cadeia de valor com o objetivo de eliminar desperdícios.

Na seguinte imagem é apresentado um esquema onde se percebe como estão ligados os 5 princípios de Lean Thinking:

Para que estes princípios funcionem bem, é preciso que os desperdícios associados sejam eliminados.

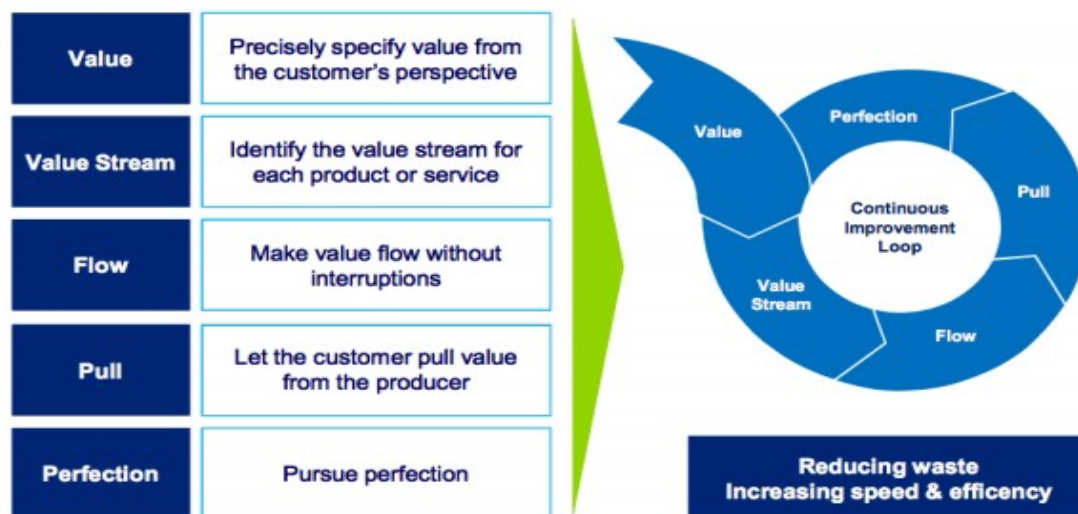


Figura 2.1: Os 5 princípios de Lean Thinking - Fonte: Deloitte MCS Limited

### 2.1.2 7 desperdícios

Os “7 desperdícios” (Seven Muda) foram assim criados na TPS por Ohno (1988) e englobam os maiores tipos de perdas de uma indústria. Estes encontram-se divididos da seguinte forma:

- Sobreprodução – O que foi produzido sem ter sido pedido pelo cliente. Deve ser produzida apenas a quantidade pedida.
- Espera – o tempo de espera que ocorre desde que a encomenda é feita até o cliente receber o produto. Tempo de espera relacionado com material, ferramentas, tempo em que o operador não está a trabalhar (tempos-mortos) são exemplos para este tipo de desperdício.
- Transporte – Toda a demora provocada pelas viagens desnecessárias, pelos tempos de transporte dos materiais, entre outros, que não acrescentam valor para o cliente. Estes tempos têm de ser reduzidos.
- Inventário – excesso de material produzido devido à sobreprodução. Ocupa espaço importante e o material está a “perder valor”.
- Sobreprocessamento – operações desnecessárias efetuadas por erro do operador ou da máquina.
- Movimentação – tempo que o operador perde em movimentações no seu posto de trabalho.
- Defeitos (retrabalho) – produtos que não servem para nada pois têm erros de produção, que “obriga” os operadores a fazerem o trabalho novamente. Estes erros têm de ser reduzidos devido ao custo que acarretam.



### 2.1.3 Ferramentas Lean

Durante as várias décadas de implementação das medidas Lean, foram criadas algumas ferramentas fulcrais para a boa organização, de limpeza, de melhoria do processo de produção. Apresentam-se de seguida algumas destas ferramentas, especialmente as que o autor considera serem importantes para este trabalho em questão. Estas são:

- 5S

É uma metodologia que se foca mais no posto de trabalho do operador, valorizando a organização e limpeza deste. Todo o tipo de ferramentas não utilizadas frequentemente devem ser retiradas, organizando-se assim o espaço de trabalho. Este método leva a que o operário tenha um método em que sabe o local exato das ferramentas, melhorando assim o processo produtivo. Segundo [Osada \(1991\)](#), os 5S caracterizam-se por:

1. Seiri (triar) – retirar ferramentas, material que o operador não necessita para realizar a sua tarefa. Assim, ganha-se mais espaço e arrumação no local de trabalho.
2. Seiton – Arrumar/Organizar o espaço de trabalho, isto é, colocar tudo no sítio exato (estabelecendo determinada disposição do material). O operário sabe onde estão as suas ferramentas, devendo o lugar destas estar devidamente assinalado no posto de trabalho.
3. Seiso – Limpar o posto de trabalho. Depois da triagem e da arrumação, vem a limpeza. Este ‘S’ é muito importante visto que se foca em criar métodos de limpeza do posto de trabalho para que este esteja sempre limpo. Ambientes de trabalho com demasiado lixo e material desnecessário são muito confusos e por vezes podem originar erros de produção.
4. Seiketsu – Uniformizar, isto é, a criação de regras e métodos de utilização de ferramentas em específico, de postos de trabalho. Estas regras são criadas para fazer cumprir os 3 primeiros ‘S’ deste método.
5. Shitsuke – Disciplinar os colaboradores e todos os operários para cumprir e manter os procedimentos estabelecidos anteriormente. Para esta metodologia ser implementada é preciso haver um forte apoio e motivação para os operários cumprirem os pressupostos acima referidos.

- TQM (Total Quality Management)

Sistema que se focava na qualidade de todos os processos organizacionais, desde distribuidores a clientes. Este sistema que tem apenas a intenção de acrescentar valor para o cliente, integra o plano designado por Kaizen (todos os processos e operações podem ser melhorados, todos os dias) que por sua vez tem um ciclo de melhoria (ciclo PDCA) que representa a ideia chave do Kaizen.

Também conhecido por Deming Cycle, o ciclo PDCA é um método de melhoria. Criado por William Deming nos anos 50 no Toyota Production System. Caracteriza-se por ter 4 fases e segundo o Lean Enterprise Institute são as seguintes (Shook and Marchwinski 2006):

- Plan: Identificar especificamente o que se pretende mudar. Definir metodologias para atingir os objetivos;
- Do: Fazer a implementação das mudanças em pequena escala;
- Check: Verificar que as implementações provocaram melhorias no processo. Se sim, implementar na fábrica toda;
- Act: Normalizar e estabilizar as mudanças implementadas. Se os resultados durante a fase Check tiverem sido negativos, começar o ciclo novamente.

- **Gestão Visual**

A gestão visual é a utilização de formas visuais que facilitam a percepção rápida das operações; em parte semelhante ao 5S, a gestão visual tem um papel fundamental na organização do trabalho, localização de ferramentas/recursos. Tem também outra vertente, onde é feita a implementação de placards ou monitores que mostram e representam uma visão mais global do processo, mostrando resultados de produtividade, responsáveis por determinadas tarefas, muito útil para o planeamento do trabalho.

Assim sendo, o aproveitamento do sentido da visão, no contexto das ferramentas de Lean Thinking, pode ser aplicado das seguintes formas:

- **Indicadores visuais**, que apenas mostram uma informação, sugerem um comportamento;
- **Sinais visuais do tipo Andon**, que são utilizados pelos trabalhadores na “Shop Floor” ou por alguns equipamentos em que estes painéis servem para representar eventuais falhas, tanto de máquinas como trabalhadores e também para apresentar os resultados obtidos. Esta ferramenta é muito útil visto que os trabalhadores têm toda a informação disponível num quadro. Assim, sempre que ocorrem falhas, os trabalhadores conseguem-nas detetar mais rapidamente e corrigi-las ao longo do processo – melhoria contínua.
- **Controles visuais**, que restringem as opções, exigindo um comportamento e fazendo com que não se possam escolher aleatoriamente os locais – exemplo: linhas limitadas num parque de estacionamento.
- **Garantia Visual**: dispositivos que garantem que apenas as coisas certas aconteçam – exemplo: **poka-yoke**.

- Heijunka

Heijunka é uma palavra japonesa que significa nivelar. O objetivo principal é conseguir-se obter uma produção nivelada (Production Leveling), isto é, uma taxa de produção que não se altera independentemente da variação da procura, evitando stocks e tempos mortos. As três variáveis mais importantes desta técnica são a flexibilidade, a previsibilidade e a estabilidade. Isso quer dizer que com este método, sempre que existir uma grande procura do produto, a previsibilidade vai nivelar esta procura, a flexibilidade vai fazer com que o tempo de troca de produção de um produto diferente seja menor e por fim, a estabilidade que vai assegurar que o volume de produção ao longo do tempo seja contínuo.

- VSM

Value Stream Mapping é uma ferramenta representativa Lean que é usada para registar, analisar e posteriormente melhorar o percurso da informação ou recursos necessários para se trazer um produto para o mercado. Este esquema visual é muito importante para servir de ponto de partida para "atacar" partes em específico da produção em que se verifica que há desperdício e que esses processos não acrescentam valor para o cliente.

Esta ferramenta, tal como as outras apresentadas neste capítulo, tem o objetivo de mostrar oportunidades de melhoria através da identificação de todas as fases referentes ao fluxo, desde o pedido do cliente até o envio do produto para o cliente final (Rother and Shook 2003). Existe também a representação do caminho da matéria prima, bem como as suas quantidades, do valor em stock de cada "peça" antes de entrar em cada posto, bem como algumas informações relativamente a cada operação. Estas podem ser as seguintes:

- Tempo de Ciclo (T/C): tempo necessário para produzir uma peça, ou seja, o tempo desde que um produto entra e sai num processo;
- Tempo de Trocas (T/TR): *changeover time*, isto é, tempo necessário para alterar o tipo de produção;
- Utilização: Tempo em atividade/Tempo disponível;
- Disponibilidade: num turno, tempo disponível descontando os tempos de paragem planeada e manutenção;
- N° de pessoas necessárias para o processo;

No fim de se ter o esquema elaborado, consegue-se fazer o quociente entre o tempo efetivo de processamento sobre o lead time, isto é, o tempo total que demorou a atravessar todas as fases do projeto.

- SMED - Single Minute Exchange of Die

É uma técnica para se reduzir o tempo de *setup* (preparação do equipamento desde que acaba a produção de um produto até ao início da produção do seguinte) e segundo Shingo (1985) é possível ter um *setup* com a duração de um dígito, isto é, menos de 10 minutos. Tanco et al.

(2013) refere que o tempo gasto em *setups* é considerado desperdício por ser uma operação que não acrescenta valor para o cliente e aumenta os custos de produção.

O objetivo desta ferramenta, depois de reconhecer todas as fases do processo de *change-over*, é identificar quais são as que se podem executar antes do equipamento ou máquina terminar o que está a fazer. Assim, essa preparação adiantada vai fazer com que o tempo de preparação seja diminuído.

Marchwinski et al. (2004) menciona que o *changeover* é o processo de mudança da produção de um tipo de produto ou peça para outro numa máquina alterando partes, moldes, acessórios, etc. O *changeover time* é medido como o tempo decorrido entre a última peça completa e a primeira peça boa. Os termos de *changeover* e *setup* são muitas vezes usados como sinónimos mas normalmente refere-se como *setup* à parte do *changeover* que se foca na configuração da máquina para alterar o tipo de produção.

Segundo Rubrich and Watson (2004):

- Designam-se por operações externas trabalhos que podem ser feitos enquanto a máquina está a trabalhar. Exemplo: transportar os recursos para perto do equipamento, preparar as ferramentas, etc.
- Operações internas são operações em que a máquina tem de estar parada, para desmontar ou substituir/acrescentar alguma peça.

Os quatro passos básicos para se implementar esta ferramenta, SMED, são:

1. Confirmar que operações externas estão a ser realmente executadas durante o tempo em que o equipamento está a trabalhar;
2. Separar operações internas das externas;
3. Converter operações internas em externas;
4. Reduzir todos os tempos de *setup* - melhoria contínua.

Para concluir, além dos 4 passos a cima descritos a standardização dos procedimentos é também uma ferramenta poderosa para redução do tempo de *setup*. (Musa et al. 2013)

- Pareto

O princípio de Pareto, que foi reconhecido e aplicado pioneiramente por Joseph M. Juran (o economista Vilfredo Pareto já tinha desenvolvido este princípio) também conhecido como 80/20, é usado para apresentar e resumir graficamente a informação entre vários grupos. Este gráfico responde a questões como:

- Qual é o maior problema que a equipa, projeto ou negócio enfrenta?
- Onde devemos focar os nossos esforços para alcançar melhores resultados?
- Quais são os 20% das origens que causam 80% dos problemas?

Estes gráficos são constituídos por dois eixos verticais, em que o da direita corresponde à percentagem acumulada, e o da esquerda à contagem de cada categoria e o eixo horizontal representa o nome dos grupos/categorias dos problemas. (Simon 2012)

## 2.2 Ferramentas de análise causa-efeito

Nesta secção são apresentadas outras ferramentas importantes utilizadas no desenvolvimento do trabalho.

- FCA: facto-causa-ação

Este recurso, conhecido por FCA, é muito útil para se determinar e esclarecer qual é o problema (facto), a raiz do problema (causa), e uma ação para eliminar o problema. Sempre que se quer analisar as causas de problemas identificados, é um erro comum as pessoas não terem perceção de recuar para entender a origem real que causou todo o problema.

- Diagrama Causa-Efeito (Ishikawa)

Criado por Kaoru Ishikawa, é um diagrama visualmente intuitivo onde se representa as causas de um determinado efeito que se está a analisar. É uma ferramenta muito simples e poderosa para se ter uma visão global e ter perceção de quais os problemas existentes, sendo aplicada a todos os tipos de problemas.

## 2.3 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

É por demais evidente que o bom funcionamento e rapidez do processamento dos equipamentos são assuntos com muita importância nos resultados de uma empresa. São eles que delimitam quantas peças se poderão fazer em determinado X tempo, que nos dizem a capacidade da fábrica, entre outros. As perdas de produção, devido a defeitos do material, erros do operador são por exemplo os que mais contribuem para os custos escondidos. Nakajima (1988) disse sobre o OEE a seguinte frase: “A measure that attempts to reveal these hidden costs”. Assim sendo, o OEE tornou-se uma ferramenta quase universal utilizada para se conhecer o desempenho dos equipamentos, para descobrir e eliminar as respetivas perdas das máquinas. Além desta ferramenta quantitativa, o OEE serve também como nível de referência para uma melhoria contínua dos equipamentos e processo de produção. (Silva 2009)

Posto isto, OEE significa o seguinte:

- Disponibilidade (D)/Utilização: mede a parte do tempo em que o equipamento se encontra disponível para produzir.
- Eficiência (E): mede a capacidade do equipamento produzir a velocidade/cadência programada.
- Qualidade (Q): mede o grau de qualidade obtida pelo equipamento/processo.

Para se calcular o OEE, procede-se à seguinte operação:  $OEE = Disponibilidade \times Eficiencia \times Qualidade$ ,

em que este valor é maximizado ao eliminar as 6 grandes perdas relacionadas com equipamentos (Nakajima 1988), que são apresentadas de seguida:

1. Tipos de perdas que diminuem o tempo de operação e nos ajudam a calcular o tempo disponível da máquina:
  - Avarias/falhas dos equipamentos: o tempo perdido devido a estas falhas faz com que a produtividade seja reduzida e a qualidade dos produtos seja menor, devido a produtos com defeito.
  - Inicialização e ajustes: muitas vezes há desperdício de materiais devido aos *setups* das máquinas.
2. Perdas que afetam a eficiência do equipamento, impossibilitando este de produzir na sua máxima capacidade:
  - Pequenas paragens: incluem paragens inferiores a 5 minutos devido a limpezas e pequenos ajustes, falhas de fornecimento de material, etc. e não requerem pessoal de manutenção para as corrigir.
  - Redução de velocidade: todos os problemas que vão impossibilitar as máquinas de produzir à máxima velocidade.
3. Tipos de perdas que fazem diminuir a qualidade por não cumprir as especificações:
  - Perdas de arranque: durante o aquecimento, inicialização ou alguma falha normal que ocorra durante o arranque da produção originam trabalhos defeituosos e retrabalho.
  - Defeitos de produção: produto não está em conformidade com as especificações do utilizador durante o funcionamento normal do equipamento.

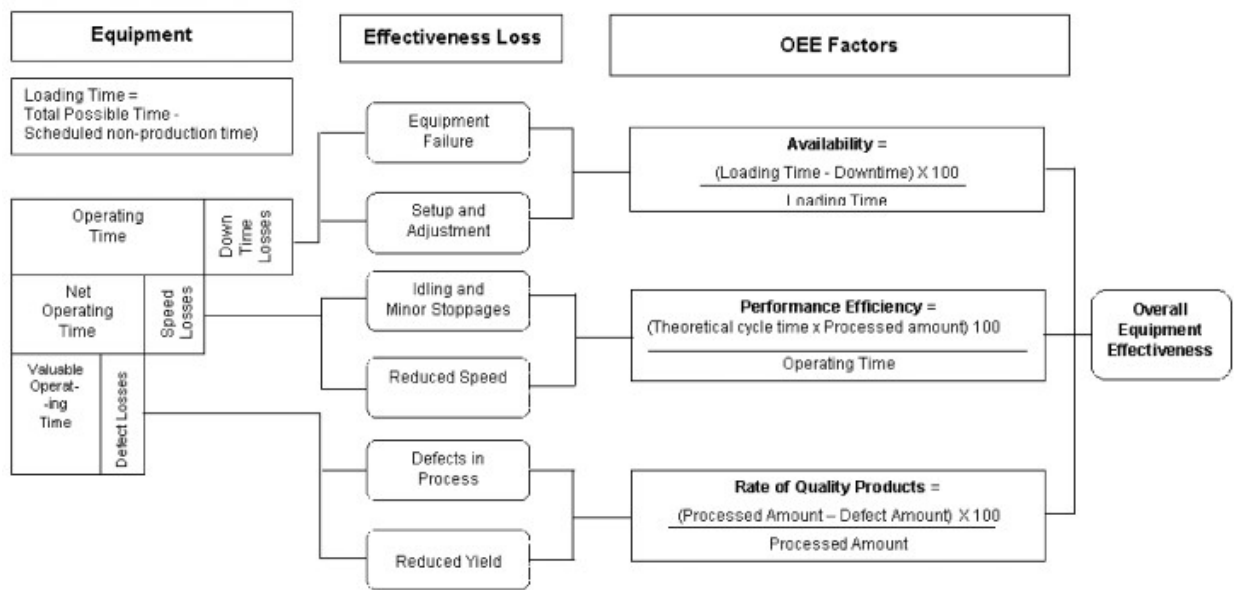


Figura 2.2: Esquema representativo de medição do OEE - Nakajima (1988)

### 2.3.1 Cálculo das componentes do OEE

#### 1. Disponibilidade (D)

Para se calcular a disponibilidade de uma máquina, interessa-nos saber o tempo que esta se encontra disponível para produzir. Para isso, temos de ter em conta todas as paragens não planeadas, como por exemplo as inicializações das máquinas e mudanças de ferramentas.

Em relação ao Loading Time apresentado na figura 5, este é definido como o tempo de trabalho planeado, ou seja, o tempo todo menos as paragens de trabalho planeadas. Estas paragens podem-se caracterizar por Dal et al. (2000), da seguinte forma:

- Paragens devidas ao completamento dos pedidos atuais;
- Paragens devidas a interrupções planeadas do operador;
- Paragens planeadas para manutenção;
- Paragens devido a testes de equipamento e de processos de melhoria;
- Paragens devido à limpeza e operações gerais de manutenção;
- Paragens devido a formações do pessoal.

$$\text{Disponibilidade}(D) = \frac{\text{Tempo de trabalho efetivo}}{\text{Tempo de trabalho planeado}} \times 100\%$$

Onde o tempo de trabalho planeado (como já referido em cima) corresponde a:

$$\text{Tempo Total} - \text{Tempo de Paragens planeadas}$$

E o tempo de trabalho efetivo corresponde a:

$$\text{Tempo de Paragens planeadas} - (\text{Tempo de manutencao no planeado} + \text{Tempos de paragens curtas} + \text{Tempo de changeover})$$

## 2. Eficiência (E)

Neste parâmetro mede-se a performance da máquina. É feita a comparação entre o número de peças produzidas e o número de peças que deveriam ser produzidas nesse tempo.

$$Eficiencia(E) = \frac{Producao\ efetiva}{Producao\ esperada\ no\ periodo\ de\ trabalho\ efetivo} \times 100\%$$

Para se calcular a produção esperada no período em questão, tem de se saber o tempo de ciclo nominal. Ou seja:

$$Producao\ esperada = \frac{Tempo\ de\ producao\ efetiva}{Tempo\ de\ ciclono\ nominal}$$

## 3. Qualidade (Q)

Este parâmetro do OEE indica-nos a percentagem de peças com qualidade e tal como se apresenta na fórmula seguinte, é muito fácil de se calcular.

$$Qualidade = \frac{Pecas\ aprovadas}{Pecas\ produzidas} \times 100\%$$

Para concluir, as medições todas que se necessitam de efetuar para o cálculo do OEE precisam de ser feitas com muito detalhe e precisão. Normalmente as perdas a nível de eficiência são as mais importantes, e por isso, as que devem ser reduzidas ao máximo. Outro problema são obviamente as paragens não planeadas que devem ser combatidas com revisões de manutenção regulares, bom manuseamento das máquinas e formações, por exemplo.

## 2.4 Sistema produtivo

Um sistema de produção pode ser classificado como Job Shop, Batch, produção em massa e produção contínua. Segundo [Kumar and Suresh \(2008\)](#), a relação entre o volume de produção e a variedade dos produtos, é visível na seguinte figura:

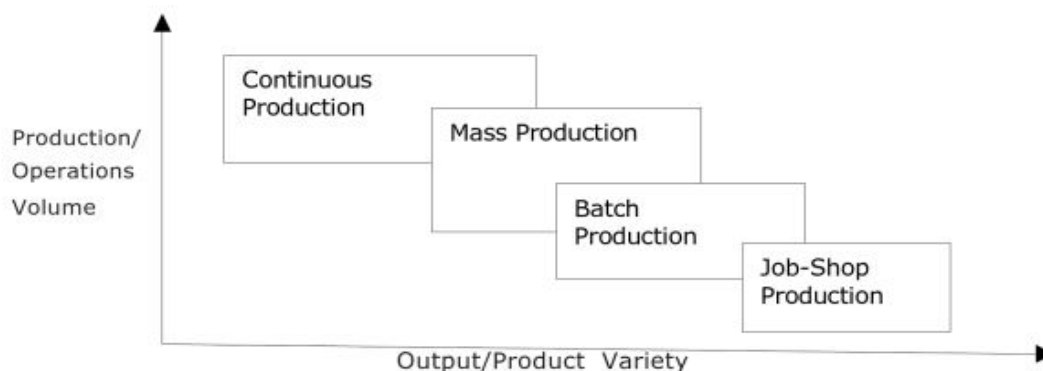


Figura 2.3: Classificação do sistema produtivo e relação entre os diferentes tipos

- Produção Job Shop: caracterizada por produzir um ou poucos artigos diferentes. Estes são produzidos segundo a especificação dos clientes, dentro do tempo e custo definidos. A



caraterística que distingue este tipo de produção com os restantes é o baixo volume e grande diversificação/especialidade de artigos.

- **Produção Batch:** caraterizada por ser uma forma de produção em que os lotes passam por diferentes postos, podendo estes ter caminhos diferentes. A caraterística da Produção Batch é produzir um número limitado de produtos em intervalos de tempo determinados, seguindo para stock e aguardar a venda.
- **Produção em Massa:** produção discreta de peças ou montagens usando um processo contínuo. Este sistema de produção é justificado pelo grande volume de produção em que as máquinas estão em linha ou arrumadas por produto.
- **Produção contínua:** caraterizada por estar organizada por sequência de produção. Os artigos são feitos para seguir o fluxo de produção através de suportes de transporte, tais como tapetes industriais e outras formas de transferência.

### 2.4.1 Tipos de produção

Além dos vários sistemas de produção, que diferem quanto ao modo de produzir/layout, as indústrias diferem também nas abordagens e no timing que se faz cada parte do produto final. Estes são apresentados na seguinte tabela:

Tipo de Produção	Definição	Exemplo
Make-to-stock (MTS)	Antes do cliente comprar o produto, já está feito e em stock.	Garrafa de água
Make-to-order (MTO)	Produção começa apenas quando o pedido do cliente é recebido. Pode estar alguma parte do produto pré-montada mas apenas continua após esse pedido.	Produtos por catálogo
Assemble-to-order (ATO)	Esta estratégia de produção requer que as partes básicas estejam feitas mas apenas são montadas (rapidamente) quando o pedido do cliente é recebido.	Avião
Configure-to-order (CTO)	Produto é desenvolvido através de módulos/componentes standard, configurados pelo cliente. Mais personalizado que MTO.	Computador de secretária
Engineer-to-order (ETO)	Produtos complexos e únicos que não foram desenvolvidos antes, são elaborados desde a fase de concepção até ao produto final.	Carro fórmula 1

Tabela 2.1: Explicação dos diferentes tipos de produção



## Capítulo 3

# Caraterização da empresa

Neste capítulo apresenta-se a empresa onde foi realizado o estágio. Os principais assuntos abordados são: apresentação da empresa, caraterização desta, a sua estrutura organizacional, o tipo de produtos produzidos e o sistema de produção da empresa.

### 3.1 Introdução

A Tapeçarias Ferreira de Sá (TFS) é uma empresa têxtil, do setor das tapeçarias. Conceituada a nível mundial, é também a empresa nacional mais antiga na produção de tapeçarias tradicionais. A empresa, localizada na pequena freguesia de Silvalde, pertencente ao concelho de Espinho, teve origem em 1946 por Joaquim Ferreira de Sá. De uma pequena empresa familiar, a TFS continuou a crescer desde a sua origem, foi ampliada, melhorou as suas instalações e o número atual de colaboradores é de 122.

Apesar deste crescimento industrial e das suas grandes instalações atuais (e em expansão atualmente), a TFS é caraterizada por nunca ter perdido as suas origens e tradições, na arte da tecelagem. A Ferreira de Sá é "a única empresa do país detentora do grande e original espólio de desenhos do tradicional ponto português, o "Ponto Beiriz" da antiga Fábrica localizada em Beiriz, adquirido em 1971."(Retirado do Manual de Gestão da Qualidade)

A diferenciação desta empresa é a sua capacidade de produzir carpetes à medida do cliente, de grande qualidade, personalizadas e com vários tipos de matéria prima à escolha.

### 3.2 Estrutura da organização

A Tapeçarias Ferreira de Sá atualmente tem a estrutura que se vê na Figura 3.1 da página 20. Como se verifica, o Departamento de Produção é o "maior", abrangendo vários setores diferentes.

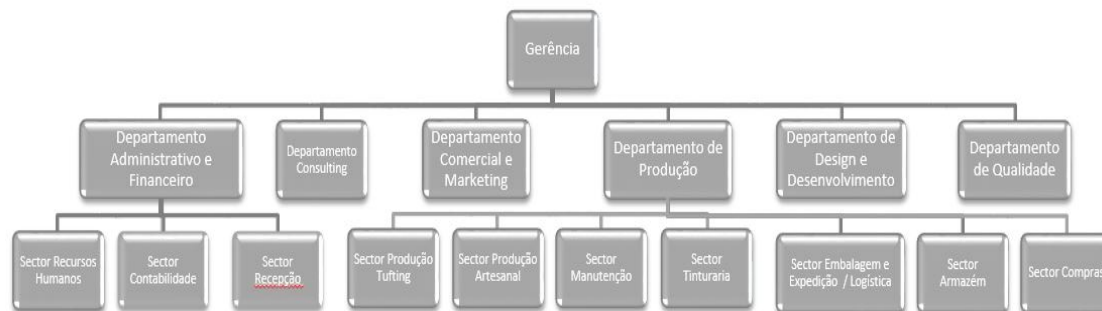


Figura 3.1: Organograma da Empresa

### 3.3 Produção

#### 3.3.1 As diferentes produções

A TFS tem dois tipos de produção principais:

1. Produção Artesanal (em teares);

(a) Hand-Knotted;



(a) Carpete produzida por método Hand-Knotted



(b) Teares

Figura 3.2: Método de produção Hand-Knotted

(b) Hand-Woven;



Figura 3.3: Carpete produzida por método Hand-Woven

2. Produção Tufting (tufagem em telas).

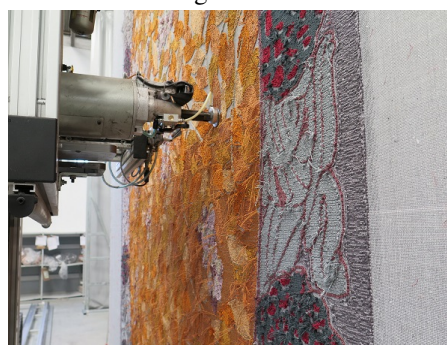
(a) Robot-Tufting;



(a) Carpete produzida por método Robot Tufting



(b) Robot






(c) Carpete a ser produzida por robot

Figura 3.4: Método de produção Robot-Tufting

Na produção robot-tufting, através de um ficheiro que é descarregado para o software do robot, este tem as informações necessárias para fazer a produção da carpete. O operador tem de colocar a matéria prima no *creel*, preparar a cabeça do robot consoante as especificações do produto e acompanhar a produção, verificando a qualidade desta. Os robots fazem a injeção de fio numa tela, nas “costas” da carpete. Os principais materiais usado nas carpetes são o lyocell, lã, algodão, linho e seda. A TFS tem grande flexibilidade no tipo de material com que pode trabalhar mas caso o cliente tiver intenção de produzir a carpete com algum material específico, a TFS consegue responder ao seu pedido. As matérias primas com que a Ferreira de Sá trabalha têm de estar num estado muito puro para assim se poder produzir uma carpete nas melhores condições. Nos diversos tipos de fio, existem centenas de cores disponíveis com diferentes números métricos.

### 3.3.2 Fases de produção

Tendo em conta que o foco do trabalho era a produção Robot-Tufting, as principais operações para produzir uma carpete segundo este método são as seguintes:

Fase	Descrição	Figura
<b>Conceção</b>	Nesta fase inicial, é desenvolvido em softwares CAD o desenho técnico do projeto. São concebidos os desenhos, as vetorizações destes e por fim são feitos os ficheiros utilizados pelos robots, que indicam o caminho que este tem de seguir durante a produção.	
<b>Tingimento do fio</b>	A TFS tem uma secção chamada Tinturaria, onde se tingem o fio. Aqui utilizam-se técnicas e ferramentas para se deixar o fio com a cor pretendida, podendo assim a empresa ter flexibilidade na sua forma de produção.	
<b>Controlo de fio</b>	O controlo de fio, que pode ser feito interna ou externamente, é feito para se verificar parâmetros de qualidade tais como: cor, solidez, humidade, dureza, torção e tonalidade.	



<b>Amostra para definição de parâmetros</b>	Antes de se começar a produzir uma carpete, é sempre feita uma amostra de pequenas dimensões onde os operadores de robot, consoante os parâmetros previstos de produção testam e verificam a qualidade da amostra, ajustando esses parâmetros até chegar à melhor qualidade e especificação do cliente.	
<b>Produção Robot-Tufting</b>	Nesta fase, depois de ser executada a amostra, é feita a produção em telas. O robot tem uma zona onde se colocam as bobines de fio, podendo ter no máximo 12 fios, trabalhando ou não com diferentes tipos de fio em simultâneo. O operador apenas tem de descarregar o ficheiro com o desenho da carpete para o software do robot e este faz a produção de forma automática.	
<b>Aparar</b>	Depois da produção feita pelo robot, a carpete passa pela máquina de aparar. Esta serve para, tal como o nome indica, uniformizar a altura do fio, ficando com um aspeto mais suave e bonito.	
<b>Acabamentos</b>	Nesta etapa faz-se o acabamento final da carpete e coloca-se a fita nas bordas das costas da carpete, podendo esta ser com a marca do cliente ou com a marca da TFS.	

Tabela 3.1: Principais Fases de Produção

Para completar o processo todo de fabrico de um produto, existem ainda algumas fases secundárias que são:

- Colocação da tela - estrutura onde robot faz a injeção de fio;
- Retificação (quando necessário) - injeção manual de fio em partes que o robot não conseguiu injetar;
- Aplicação de isolante e cola - depois de acabar a produção no robot, leva isolante e cola nas costas da carpete para fixar os fios e dar consistência ao produto;
- Recorte e carving - etapa feita depois de carpete aparada, quando aplicável;

- Aspirar;
- Embalar e expedir.

### 3.3.3 Tipo de produção

Sendo a Ferreira de Sá uma empresa caracterizada por produzir de forma personalizada para cada cliente, pode-se definir o seu tipo de produção nos seguintes sistemas:

- **Make-to-order:** a empresa dispõe de coleções e catálogos com produtos standard, que já foram produzidos anteriormente para outros clientes e que podem ser encomendados;

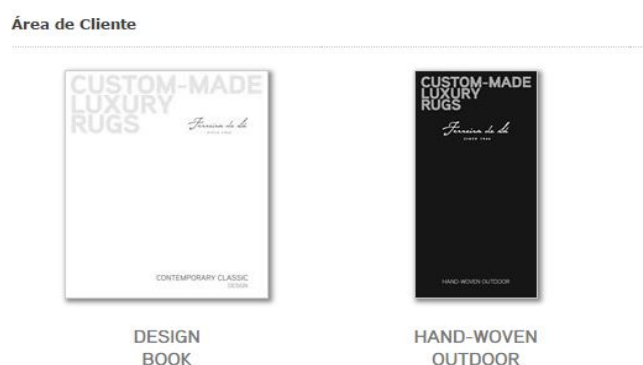


Figura 3.5: MTO: Catálogos disponíveis - imagem retirada do site da empresa

- **Engineer-to-order:** além dos produtos standard já existentes, a TFS tem os meios e recursos necessários para desenvolver um projeto de raiz, isto é, fazendo trabalhos específicos para hotéis, aviões, edifícios públicos. Estes projetos incluem o desenvolvimento dos desenhos por parte dos designers, envolvendo também arquitetos, engenheiros, entre outros.

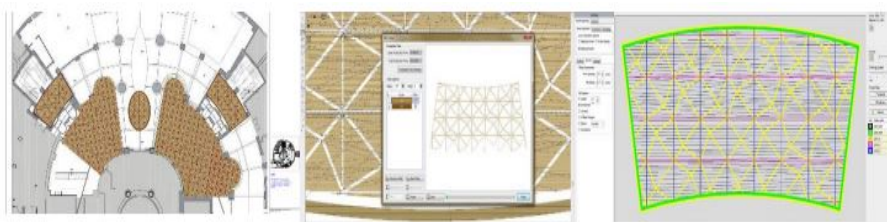


Figura 3.6: Exemplo de trabalho ETO

- **Configure-to-order:** A TFS possibilita sempre ao cliente a opção de configuração do produto. Este pode escolher a forma e dimensões, o material e as cores, proteções, personalizações extra, etc. No Anexo A, é apresentado como exemplo as várias cores (disponíveis para configuração) agrupadas por diferentes sistemas de referência, incluindo o *ARS Color System* e o *Ferreira de Sá Color System*.



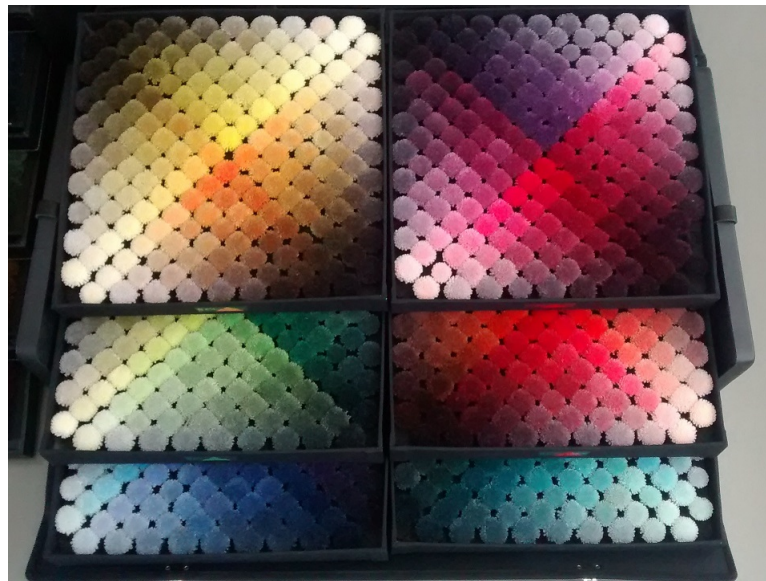


Figura 3.7: CTO: Cores para configuração do produto segundo o *ARS Color Reference System*

### 3.3.4 Produtos

A Tapeçaria Ferreira de Sá, como vimos anteriormente, produz carpetes para marcas de uma gama alta. Vimos os tipos de produção na página 20 e 21. De seguida são apresentados alguns dos seus trabalhos:

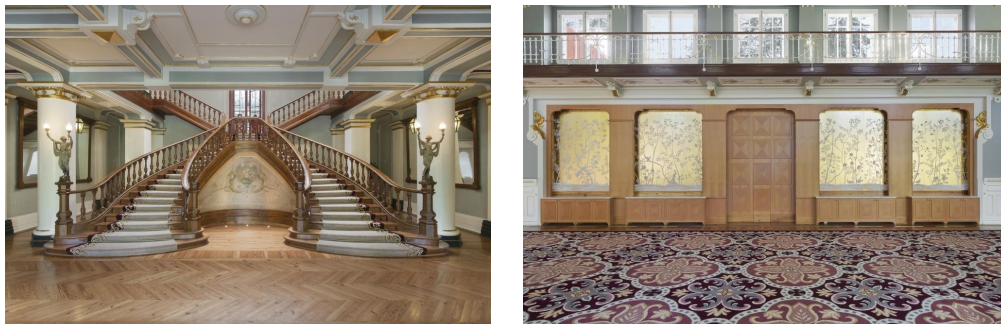


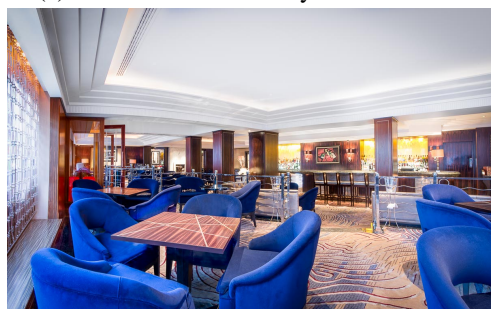
Figura 3.8: Vidago Palace



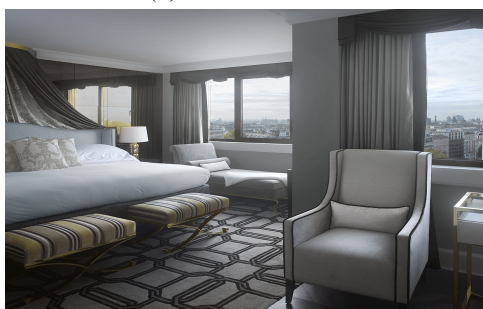
(a) Museu Willet-Holthuysen - Amsterdão



(b) Casino de Chaves



(c) Projeto de alcatifamento em bar



(d) Hotel Intercontinental Park Lane - Londres

Figura 3.9: Projetos da TFS

### 3.3.5 Certificação da qualidade

A TFS é uma empresa que tem o certificado para o processo de "Conceção, fabricação e comercialização de tapeçarias em *Hand-Tufting*, *Robot-Tufting* e *Tecelagem*", segundo os requisitos da norma NP EN ISO 9001:2008. Esta certificação foi dada pela TÜV Rheinland Portugal. Em 2015 ocorreu a auditoria de renovação do certificado, em que a TFS se destacou com zero não conformidades.

## 3.4 Mercado e gama de clientes

A marca Ferreira de Sá trabalha com uma gama alta de clientes. As carpetes customizadas e a sua grande qualidade são muito valorizadas por este sector. As três gerações de aprendizagem e melhoramento das técnicas de produção foram fulcrais para o sucesso obtido até ao momento. A empresa tem vindo a adquirir novos clientes, de todos os cantos do mundo; a qualidade dos seus produtos é o suficiente para chegar aos mais diversos sítios, mas também através de feiras próprias do mercado têxtil, de decoração de interiores, de tapeçarias, entre outras, se adquirem novos clientes. Uma mais valia da empresa é o showroom (Figura 3.10) que a empresa dispõe, para expor e apresentar os seus produtos aos clientes, onde se pode mostrar fisicamente algumas carpetes, os vários tipos de produção, os tipos de fios, de cor e também alguns dos catálogos. A equipa de designers consegue inovar e desenvolver continuamente as próprias coleções, sendo isso importante para a TFS se manter em grande posição no mercado europeu que, em conjunto com a

experiente equipa de colaboradores, consegue responder às encomendas com a melhor qualidade possível.

Coleções elaboradas para artistas com Álvaro Siza Vieira, Souto Moura, Fátima Lopes, Ana Aragão, Frank Gehry, Zaha Hadid, entre muitos outros artistas internacionais, foram desenvolvidas e produzidas na TFS. Marcas de renome internacional, tais como Louis Vuitton, Nespresso, Volvo, Jimmy Choo, Dior fazem parte dos clientes da TFS embora o mercado da empresa incida mais em edifícios de grandes dimensões, principalmente na indústria hoteleira, instituições públicas, museus, palácios. Alguns exemplos destes edifícios são o Hotel Sheraton (Porto), Hotel Casino de Chaves, Hotel Maria Cristina (São Sebastião, Espanha), Vidago Palace (Vila Real), Hotel Sheraton (Baku), Intercontinental Park Lane (Londres), Museu da Mercedes Benz (Estugarda), Museu Willet-Holthuysen (Amesterdão). A revista internacional especializada em carpetes sofisticadas, *COVER*, mostra frequentemente carpetes da TFS, assim como várias revistas e jornais nacionais.



Figura 3.10: Showroom da empresa

Na Figura 3.11, é apresentado em percentagem os principais mercados da empresa, entre Portugal, Europa e Não Europa.

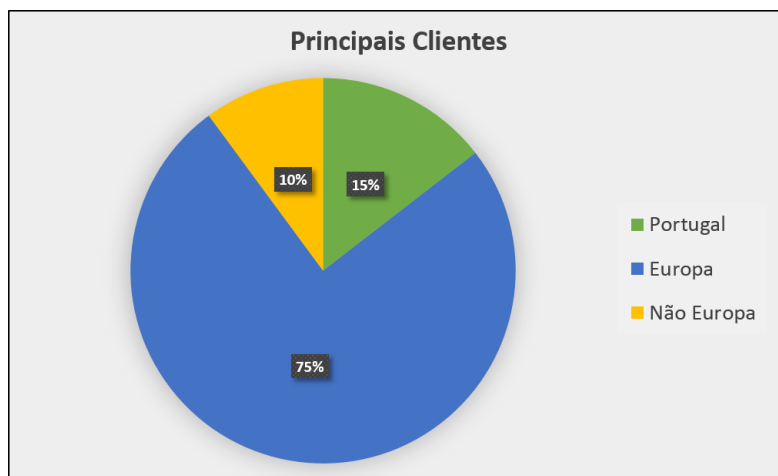


Figura 3.11: Representação dos grandes grupos de clientes

### 3.4.1 Evolução da faturação

A evolução da empresa tem sido notória, sendo resultado da expansão para novos mercados, criação de parcerias e do aumento da capacidade de produção. Este aumento da capacidade de produção deveu-se ao crescente número de robots instalado na empresa e aos turnos de 24 horas nesta secção. A evolução da faturação encontra-se representada na figura 3.12.

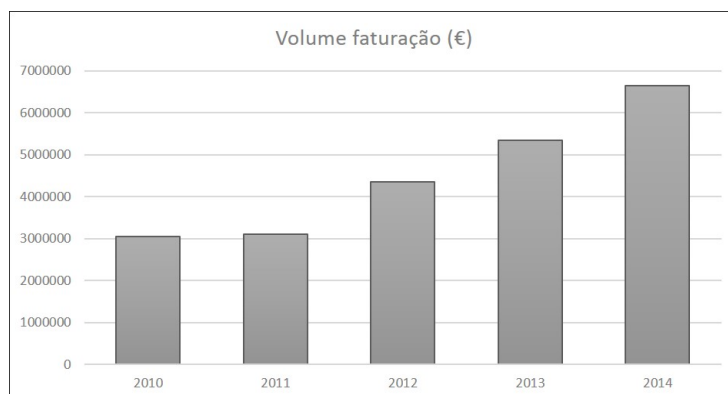


Figura 3.12: Evolução da faturação da empresa

## 3.5 Sistemas de informação

O Sistema integrado de gestão empresarial (ERP) da empresa é o Primavera. Este software que disponibiliza uma solução de ERP completa, contém vários módulos, em que cada pessoa responsável por determinada área trabalha. Informações como stock de material, de notas de

encomendas, faturação, fichas técnicas, ordens de fabrico, cálculo de necessidades, entre outras, podem ser consultadas/modificadas neste software de gestão.

Relativamente aos robots, o sistema de informação onde os operadores registam, modificam e consultam informação chama-se SPAIP (Sistema de Partilha e Armazenamento da Produção). Aqui, eles conseguem consultar fichas de produção antigas para consultar os parâmetros de produção, consultar o estado de uma carpete, quem foram os operadores que trabalharam em determinada carpete, escrever as observações das paragens, registar operações de manutenção, entre outros. Atualmente está em desenvolvimento e em fase de teste um software que irá substituir o SPAIP e ser alargado a toda a fábrica.

Atualmente na empresa existe um sistema de cálculo de produtividade aplicado ao robot-tufting. Baseado numa programação em Visual Basic, o sistema tem algumas lacunas mas consoante o sistema de informação da empresa, é bom. Este, acendendo a registos que cada robot cria, faz o cálculo da soma do tempo em que os robots estão em produção a dividir pelo tempo disponível. Este indicador encontra-se um pouco desatualizado visto que ainda não foram integrados 3 robots e por vezes não “desconta” a hora de jantar. A razão para não se ter investido na atualização desse sistema de cálculo da produtividade foi devido à mudança de todo o sistema de informação que irá acontecer no próximo mês. Este novo sistema vai ter um registo de operações muito mais descrito, em que vai ser possível calcular com quase exatidão o OEE.

### 3.6 Conclusão do capítulo

Depois da leitura deste capítulo é perceptível o funcionamento da empresa. Destacam-se as seguintes informações:

- A empresa tem dois tipos de produção, sendo um deles feito por robots e o outro manual;
- A produção de uma carpete percorre muitas fases. As principais são: conceção do desenho, produção robot-tufting, retificação por injeção manual de fio, aplicação de cola e isolante, aparo, aspiração e embalamento;
- A empresa é caracterizada por produzir de forma customizada para cada cliente, podendo então ser designada por ser do tipo MTO, ETO ou CTO;
- A empresa é certificada segundo os requisitos da norma ISO 9001, pela TÜV Rheinland Portugal;
- 86% das vendas são feitas para fora de Portugal.



## Capítulo 4

# Caso de estudo: Análise da Eficiência Operacional

Neste capítulo apresenta-se a metodologia seguida para recolher, analisar as paragens dos robots e posteriormente melhorar a eficiência dos robots, implementando medidas de melhoria para combater essas paragens.

### 4.1 Fase de Integração e conhecimento do método de produção da empresa

Numa empresa têxtil como a do caso de estudo, há muito sobre o seu sistema de produção para se perceber. Nos primeiros dias na empresa, consultando o manual de qualidade pôde perceber-se o funcionamento básico da empresa, a sua organização, algumas instruções de trabalho relacionadas com a produção nos robots e também as várias vertentes de produção da empresa. Os colegas do Departamento de Qualidade e Produção da empresa explicaram prontamente qual era a sequência de processos desde que era feita a encomenda de um produto, até que esse era embalado. Possuindo as bases, foi possível aprofundar o conhecimento no sector de produção da indústria das tapeçarias.

Passados estes primeiros dias de integração e de conhecimento do *modus operandi* da empresa, iniciou-se o trabalho de campo em que os operadores responsáveis de turno explicaram o funcionamento básico dos robots, demonstrando e explicando as operações importantes e que realizam com mais frequência. Assim, no terreno, foi possível ficar com uma ideia mais clara de qual era o processo produtivo da empresa, ou seja, desde que entra uma ficha de produção num robot, do seu *setup*, a produção de amostra de teste e por fim, a produção da carpete em si. Seguidamente, foi feita uma análise aos operadores dos robots a executarem as suas tarefas normais, sendo por vezes interpelados para que explicassem o que estavam a fazer e o porquê.

Na fase inicial de compreensão do sistema produtivo foi complicado perceber-se o porquê dos operadores fazerem algumas tarefas, que para uma pessoa "exterior" ao processo produtivo da empresa não era perceptível; com o passar dos dias foi sendo mais fácil adquirir alguma sensibilidade



visual para detetar e perceber grande parte dos problemas surgidos durante a produção.

Facto que é preciso reforçar é a capacidade da empresa de customizar os seus produtos para cada cliente. Isto implica obviamente muita variedade de produtos, uma grande flexibilidade de produção. Esta variedade faz com que não se consiga definir um *setup* para os robots, não se consegue dizer que uma carpete vai atravessar todas as fases da produção, como por exemplo no caso de uma carpete não precisar de ser retificada manualmente. Outros casos que fazem com que não se consiga definir um processo linear são: carpete produzida com algum fio especial, ser preciso mudar a cabeça do robot por causa da altura pretendida para a produção, variação muito frequente do número de fios a injetar, etc..

#### 4.1.1 VSM - Value Stream Mapping

Nesta fase inicial do trabalho seria importante ter uma perceção do tempo que uma carpete demora nas diversas fases de produção, desde a colocação da tela numa estrutura, a preparação do robot (*setup*), a injeção de fio pelo robot, a retificação manual, a colocação de isolante e cola, o retirar a carpete da estrutura, aparar, os acabamentos tais como a colocação de borda/fita e escovagem/correção, aspiração e por fim o embalamento. No VSM apenas foram consideradas estas fases ligadas ao processo produtivo da carpete em si, ou seja, as fases de orçamentação, conceção e planeamento não se incluíram. No Value Stream Mapping apresentado na Figura 4.1, é demonstrado o caso da produção de uma carpete lisa e com uma cor (produto considerado simples), com a dimensão de 2.3m x 3.3m.

Como se verifica na figura seguinte, o tempo em que se está realmente a trabalhar na carpete é de 10 horas e 41 minutos; o tempo desde que é iniciada a colocação da tela até que a carpete é embalada, decorrem 9 dias, 2 horas e 15 minutos. Apenas 4,89% do tempo total é gasto nalguma operação na carpete que acrescente valor para o cliente. Fez-se este estudo para alguns casos e o quociente entre o tempo de processo e o lead time varia entre 4 e 8%, para carpetes lisas.

Para não se interpretar mal o VSM e pensar que uma ordem de produção não tem tempo de espera, é explicada de seguida essa situação.



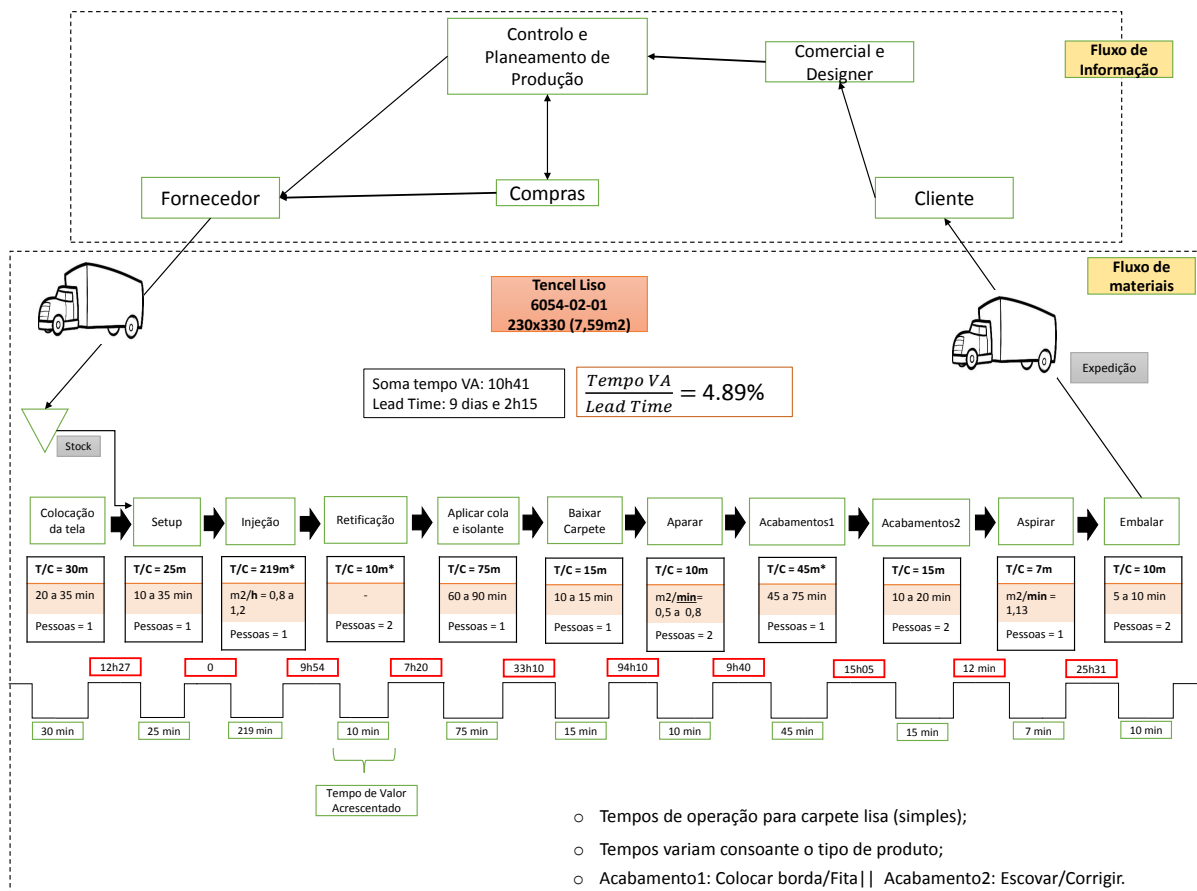


Figura 4.1: VSM da parte de produção da Empresa

#### 4.1.1.1 Gargalo da empresa

A primeira fase (colocação de tela) é iniciada assim que o planeamento está feito para uma determinada carpete. Isto para explicar que o *bottleneck* da empresa são os robots e não a etapa de aparar, apesar de esta ter vários artigos no *buffer* de entrada.

Uma carpete depois de ser aprovada pela empresa e gerada uma nota de encomenda, demora cerca de 1 a 2 semanas até poder ser produzida nos robots, devido aos vários artigos em espera para entrar em produção. Assim que a encomenda estiver pronta por parte dos designers, esta prossegue para o Planeamento de Produção, que assim que possível, a coloca em produção.

Na tabela 4.1, foi definido que a velocidade média de injeção dos robots é 1 m<sup>2</sup>/h. Esta varia entre 0,2 e 1,2, consoante o tipo de produto. Estipulando o número de horas e turnos semanais, verificou-se que a os robots conseguiram produzir cerca de 1344m<sup>2</sup>/semana; depois disso, calculou-se a velocidade de produção que os outros postos têm de conseguir ter para responder à produção dos robots. Assim, conclui-se que todos os sectores conseguem produzir à velocidade que foi calculada, necessária para "escoar" a produção dos robots. Posto isto, os robots são considerados o gargalo da produção. A atividade mais crítica a seguir à injeção dos robots é a Fase de Aparar que funciona atualmente apenas om uma máquina, havendo outra que está quase pronta para ser

utilizada continuamente, que fará com que a capacidade de resposta desta operação seja bastante mais rápida. Ainda relativamente a fase de aparar, esta como ainda é das poucas em que se trabalha apenas durante 5 dias por semana, no início de todas as semanas é feita uma acumulação de carpetes para serem aparadas.

	Nº de turnos semanais	Nº de horas/turno	Nº células	Velocidade (m2/h)	Produção semanal (m2/semana)
Colocação de tela	21	8	1	8	1344
Injeção robot	21	8	8	1	
Injeção manual	7	8	3	8	
Isolante/Cola + retirar carpete	21	8	2	4	
Aparar	5	10	1	26,88	
Acabamentos	5	8	5	6,72	

Tabela 4.1: Velocidade de produção das várias operações, dependendo do nº de turnos semanais, nº de horas e nº de células

## 4.2 Recolha de dados

Esta etapa de recolha de dados foi parte fundamental do trabalho. Segundo [Ishikawa \(1986\)](#), a razão para recolher dados não deve ser apenas para apresentar números mas sim para criar e desenvolver uma base de informações importante para a melhoria dos processos. Isto porque era necessário ter uma amostra bastante grande para se ter resultados com a maior confiança possível. Começou-se por elaborar um documento com uma estrutura muito simples como a que se vê na figura [B.1](#) do anexo [B](#) (página [67](#)), em que se registava apenas os seguintes parâmetros:

- Hora de início/fim da ocorrência;
- Estado de produção do robot;
- Motivo da paragem;
- Descrição do motivo da paragem (caso necessário).

Logo após este primeiro dia de recolha verificou-se que havia mais parâmetros que poderiam e deveriam ser recolhidos, bem como deveria haver uma melhor organização dos dados identificativos de produção e dos parâmetros de produção utilizados. Assim sendo, o *template* de recolha de dados foi continuamente melhorado nos primeiros dias, evoluindo assim até ficar como se apresenta na figura [B.2](#) do anexo [B](#).

Neste último modelo, os parâmetros a preencher são:

- Robot;
- Turno;
- Ficha de Produção;
- Nota de Encomenda;

- Tipo de Produto;
- Formato (sendo possível escolher uma opção entre: Lisa, Lisa com Borda, Desenho, Degradé, Lisa com alguns layers, Desenho Loop;
- Comprimento e Largura, que nos dava automaticamente os m2;
- Percentagem que estava concluída no momento que se iniciou o registo;
- Parâmetros a preencher:
  - Vm: velocidade da máquina;
  - V: velocidade global;
  - Z level: parâmetro muito importante que influencia o tamanho de uma das pontas do fio. O outro é dado pelo tamanho do bico;
  - T/Needle: valor que corresponde ao ângulo que a cam possui de forma a posicionar o bico à face do calcador. A cam é um acessório da cabeça do robot que permite a abertura e fecho da válvula do ar mais rápido ou lento, consoante o diâmetro desta que está relacionada com a altura pretendida do tamanho do fio injetado;
- Estado de produção do robot;
- Hora de início/fim da ocorrência;
- Motivo da paragem;
- Descrição do motivo da paragem (caso necessário).
- *Detector Spindle* e *Detector Needle*, onde se preenchem os campos relacionados com os sensores de deteção do fio. O *spindle* corresponde aos vários sensores do *creel* - local onde se colocam as bobines do fio e o *needle* corresponde ao sensor na cabeça do robot.
  - *Start Delay*: tempo de atraso para começar a ler os valores;
  - *Filter*: Sensor dá sinal do problema/falta de fio se o tempo total da falha ocorrida for maior que o tempo introduzido (filtro “passa-alto”);
  - *Inhbit*: Sensor é automaticamente desativado quando a velocidade da máquina é inferior a este valor. Valor importante para as transições/mudanças de direção do robot;
  - *Sensivity*: sensibilidade para detetar fio, variando entre 0 e 100%.
- Tipo fio;

No anexo C da página 69 e seguintes, estão representadas imagens do software instalado nos computadores que os operadores precisam de preencher para trabalhar com os robots.

#### 4.2.1 Lista de operações

Desde o início da recolha de dados dos robots, sempre foi objetivo agrupar os tipos de paragens por tipo. Um colega do Departamento de Qualidade forneceu uma lista de operações que cada operador tinha de executar, sendo esta bastante útil e um ponto de partida. Esta lista, além de

operações como “Produzir Carpete”, contém maioritariamente operações que têm de ser executadas com o robot parado, sendo uma paragem planeada ou não. Exemplos: Afiar lâmina; transporte de estrutura; preparar ficheiro carpete, etc. Esta lista foi atualizada assim que foram surgindo e detetadas operações/paragens que não se encontravam nessa lista. Criada a lista de operações apresentada no anexo D (a partir da página 73), registou-se a duração de cada uma e o seu motivo, para na fase seguinte do trabalho se analisar esses dados. A lista está dividida em 8 seções: preparação da máquina e estrutura; preparação os inputs do software; preparação e teste da amostra; preparação dos ficheiros para produção da carpete; produção, manutenção e registo de informações no software; finalizar ficha de produção; finalizar mapa de produção; paragens não planeadas.

Esta recolha de vários dias correspondeu a 64 horas e 7 minutos. Durante este tempo de análise nos robots, por vezes houve horas em que a recolha de informação era pouca porque mesmo estando a analisar 3 robots em simultâneo, estes quando estavam a produzir carpetes lisas, tinham poucas paragens - só para reposição de matéria prima (fio) e afiar/limpar o robot de hora a hora. Após algum tempo passado na área de produção, beneficiando do envolvimento dos operadores foi possível compreender o problema das diversas paragens dos robots, já transmitidas anteriormente pela gerência. Nesta fase de recolha de dados, as principais dificuldades sentiram-se no início, onde foi difícil agrupar por tipo algumas das paragens devido à sua ambiguidade e por não se enquadrarem em nenhuma das da lista anteriormente criada. Outra dificuldade foi a rapidez com que algumas operações são executadas, tal como o registo de informações no sistema de informação dos computadores em que os operadores de robot introduzem informações da produção.

### **4.3 Fases da produção robot-tufting**

Nesta fase do trabalho, foi importante reformular a divisão das principais fases de produção, bem como os responsáveis por estas. Depois de se passar bastantes horas na produção, fica-se com outra percepção e conhecimento de como o processo decorre. Era necessário para a empresa ter as fases e o processo de produção bem definidos, assim como um esquema representativo disso. Sendo a esquematização dos processos tão intuitiva e importante, foi elaborada uma matriz de responsabilidades, relativamente à maior fase da produção que serve para compreender o fluxo de produção e as suas atividades, quem as executa, com a colaboração de quem e o que é preciso para tal.

4.3.1 Matriz de responsabilidades - produção robot tufting

Na figura seguinte é apresentada a matriz de responsabilidades, onde se podem observar as principais fases, as atividades pertencentes a casa fase, os atores (responsável e os colaboradores), os registos que são necessários fazer no Sistema de Informação e algumas informações importantes.

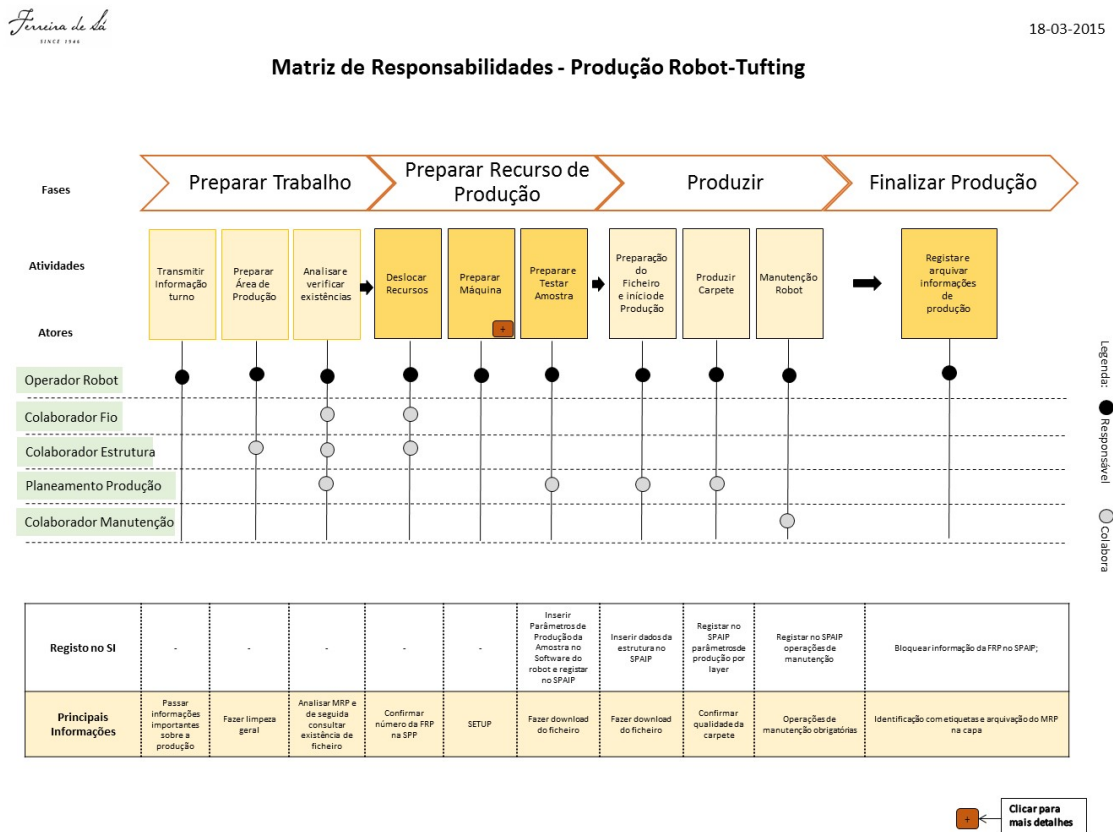


Figura 4.2: Matriz de Responsabilidades - Produção Robot Tufting

### 4.3.2 Setup dos robots

Foi dada uma especial atenção ao *setup* dos robots, operação fundamental devido a dois fatores:

- Paragem complexa e muito extensa (necessária para preparar o robot);
- Garantir as especificações do cliente e a boa qualidade do produto.

Na Figura 4.3 é apresentada uma das cabeças dos robots, existente em 6 dos 8 robots. Entre os dois tipos de cabeças existentes na empresa, esta é a versão mais antiga e a mais explorada. O estudo realizado sobre o *setup* foi desenvolvido para este tipo de cabeças.

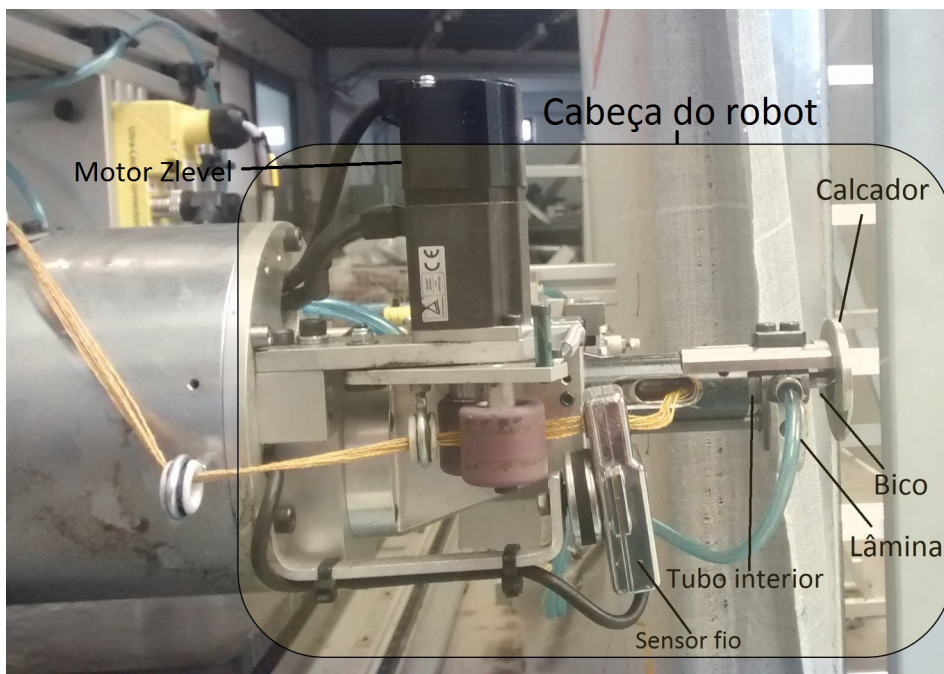


Figura 4.3: Fotografia da cabeça do robot usada para o tufting

Em colaboração com um colega do Departamento de Manutenção, elaborou-se a Tabela 4.2 onde se pode verificar o que difere na preparação da cabeça de um robot, dependendo das diferentes hipóteses de produção. Apenas se consideraram as duas principais variáveis - altura de produção e qualidade do fio; existem outras como por exemplo a cor (influencia a rigidez do fio), o nº de fios e a mistura de mais que um tipo de fio. Assim sendo, é sempre difícil dizer que isto se aplica a todos os casos.

Ordem	Etapa	Hipóteses de Prod.		
		= qualidade de fio = altura de Prod.	= qualidade de fio dif. altura de Prod.	dif. qualidade de fio
(1º)	Trocar de cabeça	Depende da altura de produção		
1º	Retirar calcador	Sim		
2º	Mudar bico	Não	Sim	Sim/Não
3º	Mudar tubo interior (1)	Não	Sim/Não	Sim/Não
4º	Afiar/Trocar lâmina (e trocar anvil (2))	Sim		
5º	Acertar posição calcador	Sim		
6º	Acertar posição lâmina			
7º	Acertar saída do ar na válvula			
8º	Introduzir parâmetros T/Needle e StartPos			
9º	Introduzir parâmetros Zlevel e Densidade			
10º	Limpeza			
sempre	Reaperto parafusos			

Tabela 4.2: Operações/Tarefas de preparação da cabeça de robot

(1) - Tubo interior depende da qualidade do fio e do nº de fios.

(2) – Verificar nível de desgaste no início de cada produção.

Nota: As cabeças dos robots de 12mm só servem para bicos de 12mm e as de 16mm dá para os outros bicos dos vários tamanhos (16 até 82mm), pelo que é mais usual usarem a cabeça de 16mm. A escolha do bico está relacionada com a altura desejada para a produção da carpete.

Na Tabela 4.2 são descritos os passos a executar durante um início de produção, em que qualquer calibração errada do bico, lâmina, calcador, ar na válvula, pressão do ar, vai ter impacto e ser visível na produção da carpete. Assim sendo, uma preparação da cabeça do robot bem feita é fundamental para uma boa qualidade de produção.

Além de preparar a cabeça do robot existem outras operações que também foram incluídas no *changeover*. Estas são:

- Transporte e montagem das estruturas;
- Procurar fio e deslocá-lo para o robot (quando aplicável);
- Limpeza/Lubrificação;
- Verificar corte da lâmina;
- Ativar/Desativar sensores do fio;

- Calibrar robot (para acertar especificações);
- Colocar tesoura (quando aplicável);
- Ajustar pressão na tela.

Sendo a atividade de preparar máquina uma das principais do *setup* dos robots e uma das mais demoradas, foi desenvolvido um fluxograma onde se pode perceber a complexidade da atividade bem como a sua subjetividade. De seguida apresenta-se o esquema onde se podem entender os passos e o fluxo desta atividade.



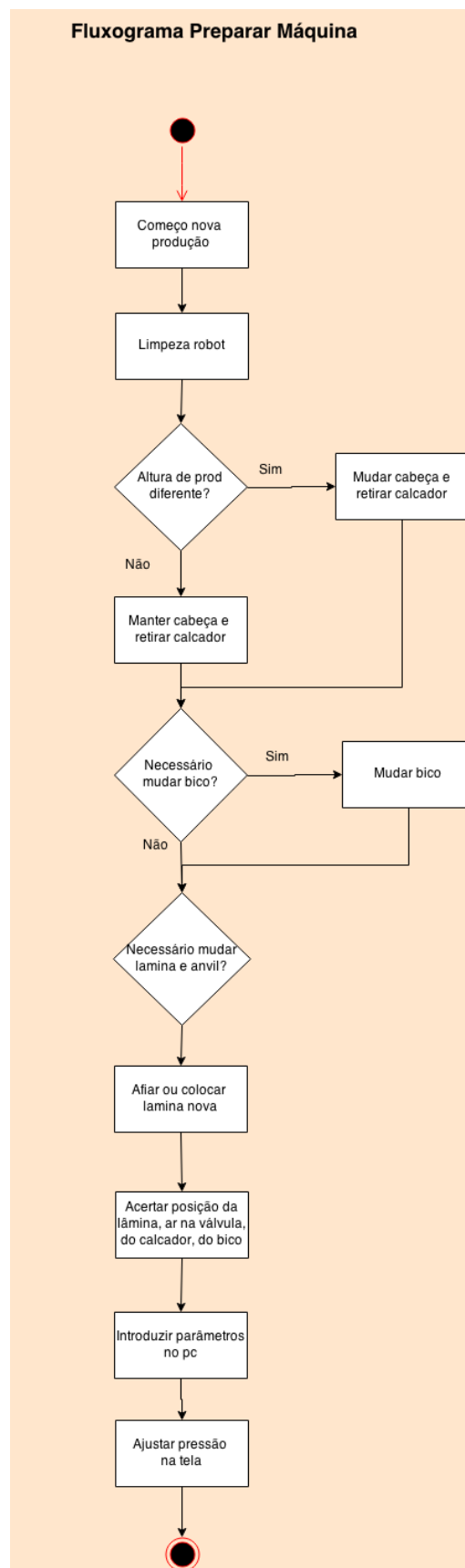


Figura 4.4: Fluxograma - Operação Preparar Robot

## 4.4 Análise das paragens dos robots

### 4.4.1 Diagrama de Ishikawa

Perante as dificuldades e problemas detetados na produção, foi elaborado um diagrama de Causa-Efeito. O efeito, já percebido, era a baixa utilização dos robots. Estes, por dados de produtividade da empresa, estão parados cerca de 1/3 do tempo. Perante estes dados, foram analisadas e registadas as principais causas dessas paragens, como se observa na seguinte figura:

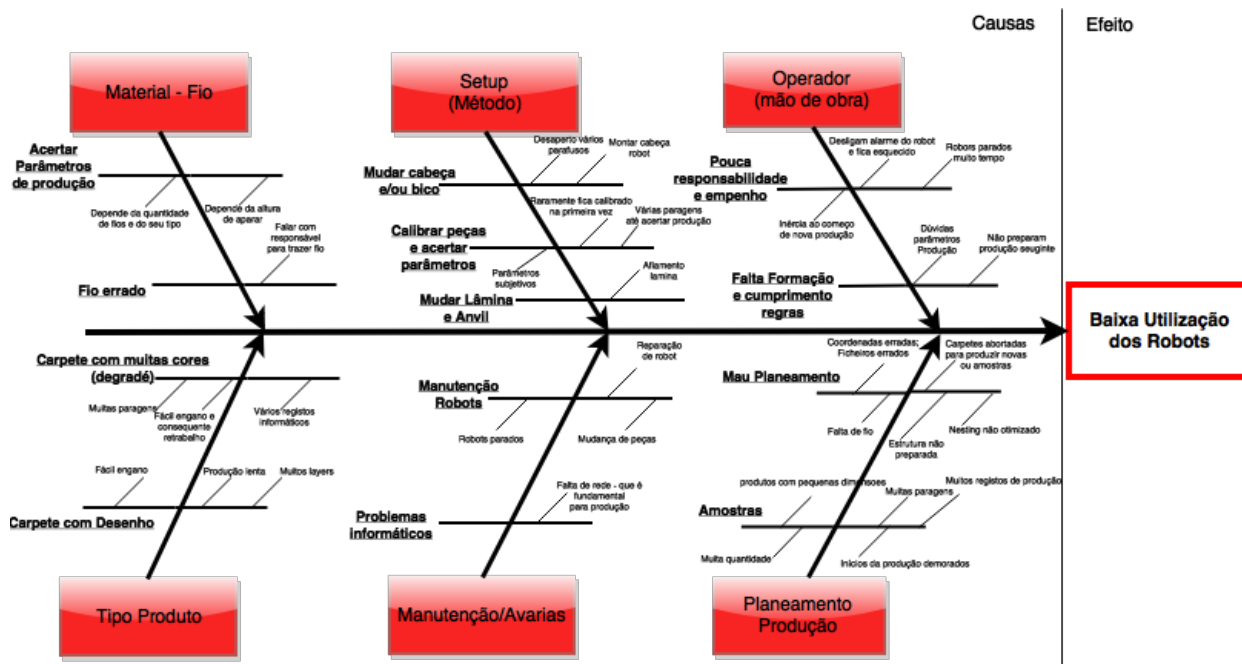


Figura 4.5: Diagrama Causa-Efeito sobre a baixa utilização dos robots

- Fio (Material)

- Dificuldade em acertar parâmetros de produção devido aos vários tipos de fio existentes. Depende sempre do número de fios, do tipo, da cor, etc;
- Fio foi mal escolhido por equipa do fio que provoca atrasos e paragens dos robots enquanto não têm o fio certo;

- Setup (Método)

- Mudar cabeça, anvil, tubo interior, bico, etc.: é sempre um processo longo devido aos vários encaixes, parafusos e peças;
- Calibração manual da posição de peças e acerto dos parâmetros: para se iniciar a produção efetiva da carpeta é preciso fazer vários testes e ir ajustando os parâmetros até se chegar ao tamanho, formato e densidade pretendida do fio;
- Afiar lâmina e limpeza: paragem frequente, por volta de hora em hora para afiar a lâmina e fazer uma limpeza rápida à cabeça do robot;

- Operador (mão de obra)
  - Falta de responsabilidade e empenho;
  - Falta de formação e cumprimento de regras;
- Tipo de Produto
  - Carpetes mais complexas: muitas cores e layers diferentes, torna-se fácil para o operador cometer erros;
  - Produção de amostras: complexidade na preparação do robot para produzir um artigo com dimensões muito pequenas;
- Manutenção/Avarias
  - Manutenção ou avaria dos robots: implica que estes estejam parados para reparação de eventuais problemas;
  - Problemas informáticos: principalmente de falhas na rede, fundamental para operadores terem acesso ao sistema de informação, registarem as suas operações, etc.;
- Planeamento da produção
  - Amostras: por vezes são necessárias algumas amostras (carpetes de pequenas dimensões) com alguma urgência, o que leva a ser necessário abortar produções, etc. Estas por vezes "vão aparecendo" nos robots, em vez de serem todas enviadas de uma vez para produção;
  - Erros de planeamento: coordenadas erradas, falta de ficheiros, falta de fio, de estrutura, desaproveitamento da tela, etc..

#### 4.4.2 Análise dos dados recolhidos

Depois de se ter recolhido informação das paragens nos robots, foram utilizadas diversas funcionalidades do Microsoft Office Excel para se tratar esses dados. Desde tabelas dinâmicas, gráficos de barras, diagrama de pareto, etc.

Consoante dados de produtividade da empresa, verificou-se que o tempo que os robots estão parados é em média de 33,32% e o tempo que estão em produção é, consequentemente, de 66,68%. Na figura, 4.6 podem-se observar os tipos de paragens que mais tempo "consomem", em percentagem. As percentagens apresentadas são calculadas pelo quociente da soma do tempo total de cada paragem sobre o tempo total parado. Ordenadas da maior para a menor, estas são: *changeover*, fio, afiar lâmina, tempo morto, retrabalho, avaria, preenchimento dados software, finalizar produção, preparar inputs software, outras causas.

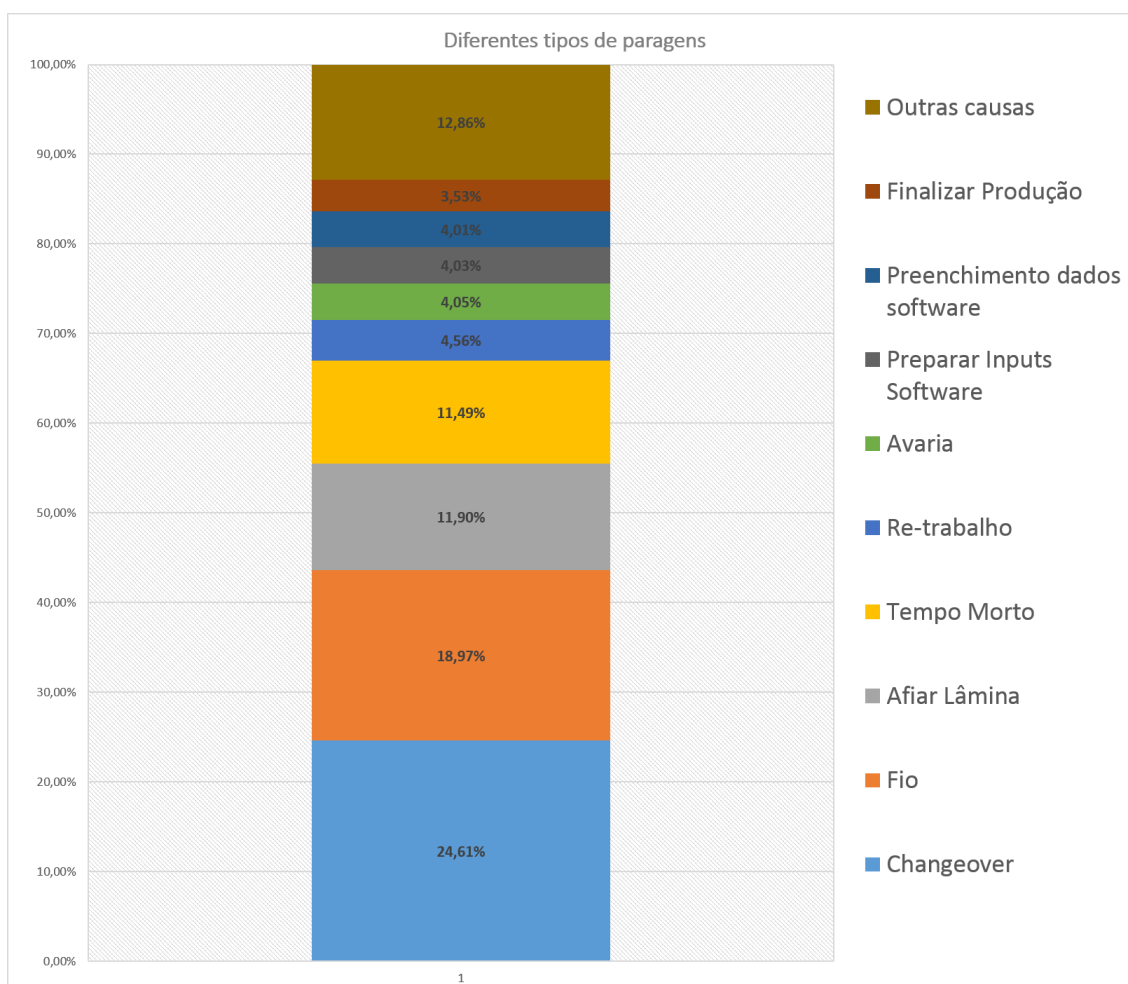


Figura 4.6: Tipos de Paragens

→ *Changeover*: como já se sabia anteriormente era a principal causa das paragens. O grande número de operações necessárias para se começar uma nova produção e a dificuldade ou

longa duração de algumas das tarefas explicam que aproximadamente 25% das paragens advenham do *changeover*. Nesta paragem, foram englobadas as seguintes operações:

- Transporte e montagem de estruturas;
  - Procurar fio e deslocá-lo para robot (se aplicável);
  - Preparar ou trocar a cabeça do robot;
  - Limpeza/Lubrificação;
  - Trocar (ou afiar) lâmina e anvil;
  - Trocar bico (se necessário);
  - Acertar posição do calcador, da lâmina, do bico e ar na válvula;
  - Reaperto de parafusos;
  - Ajustar pressão na tela;
  - Colocar tesoura (se necessário);
  - Ativar/Desativar Sensores;
  - Verificação da posição das bobines no Creel (Papéis ou sistema de informação);
  - Puxar fio pela cabeça do robot e verificar corte da lâmina;
  - Inserir parâmetros de produção no software da máquina;
  - Fazer teste de produção e se necessário calibrar a posição das diferentes peças constituintes para acertar as especificações pretendidas (designado por “acertar o ponto” - necessário alterar a posição do bico, da lâmina, alterar a pressão que a cabeça faz na tela, etc.)
- Fio: outra paragem com grande “peso”, (cerca de 19% do tempo parado dos robots) deve-se ao tempo em que uma bobine de fio termina, o robot para e o operador tem de colocar uma nova bobine. Os tamanhos das bobines variam com a qualidade deste mas independentemente disso, é uma paragem que ocorre com muita frequência.
- Afiar lâmina: cerca de 12% do tempo parado deve-se a paragens para afiamento de lâmina. Paragem que foi praticamente anulada, como se irá ver mais à frente.
- Tempo Morto: aproximadamente 11,5% do tempo parado está relacionado com tempos mortos, isto é, tempos em que o robot está parado sem nenhuma razão válida aparente; muitas vezes acontecia isto para o operador desse robot ir ajudar os colegas ou então quando faltava alguma ferramenta/recurso devido a erros de outros departamentos.
- Retrabalho: está relacionado com erros dos operadores que fazem com que tenham de desfazer as carreiras de fio injetado e produzir novamente.
- Avaria: problemas mecânicos, elétricos ou informáticos, que impedem a produção normal. Nestes casos, robots têm de ser parados para equipa de manutenção resolver o problema.

- Preparar Inputs do Software: esta paragem serve para preparar os ficheiros que são utilizados pelos robots, tanto para produzir ficheiros de teste, amostras ou carpetes; o operador tem de verificar a existência destes, fazer o download e abrí-los no software dos robots.
- Preenchimento de dados do software: tal como se entende, tem a ver com o registo de informações de produção, de manutenção, de identificação da estrutura, entre outros.
- Finalizar Produção: inclui operações como a contagem e arrumo dos cones nos sacos, impressão da ficha de produção e etiqueta, bloquear os registos da ficha de produção no sistema de informação e colocação da etiqueta na estrutura.
- Outras causas: paragens relacionadas com a passagem de turno, alarmes dos robots, erros e dúvidas relacionadas com o planeamento de produção são algumas das paragens que se incluem nesta categoria.

#### 4.4.2.1 Diagrama de Pareto

Foram passadas cerca de 64 horas no sector de produção, a analisar e recolher informação. Normalmente, analisava-se entre 1 e 3 robots durante esse tempo. Dependia do tipo de produção de cada robot, isto é, se fosse algum produto mais complexo e com várias paragens, não se conseguia estar muito atento aos outros robots e às diversas paragens. Como esta análise incluía as microparagens, era necessária muita atenção. Foi elaborado o seguinte diagrama, apresentado na Figura 4.7 para se ter uma melhor percepção visual das paragens, ordenadas pelo seu grau de impacto.

Após se analisar o diagrama de Pareto, pôde-se confirmar que o *changeover* era de longe a principal causa das paragens nos robots.

Outro dado importante que se deve perceber é que o valor da percentagem de paragens não planeadas, corresponde a 30,72% das paragens totais. Estas interrupções consideradas por serem paragens que não estão previstas acontecer, ocorrem devido a más calibrações do operador como por exemplo o robot ter de ser parado para reajustar/calibrar peças ou valores dos sensores, corrigir erros de produção, avarias, dúvidas de produção, entre outros. Dentro desta categoria de paragens não planeadas, a paragem de tempo morto corresponde a cerca de 50% desse valor.

As paragens não planeadas consideradas incluem:

- Re-calibrar parâmetros de produção (incluída na paragem “Preenchimento/modificação dados software”) e re-calibrar peças da cabeça do robot para acertar especificações de produção (“incluída na paragem *changeover*”);
- Alarme sensor - incluída na paragem “Alarme”;
- Avaria (motores, peças, enrolamento do fio) - incluída na paragem “Avaria”;
- Dúvida de produção e erros de planeamento (paragem do robot para clarificar problema) - incluída na paragem “Planeamento”;

- Tempo morto - incluída na paragem “Tempo Morto”;
- Desfazer carreiras (linhas de fio já injetado pelo robot) e cortar fios mal injetados nas costas da carpete - incluídas na paragem “Retrabalho”;
- Outra - incluída na paragem “Outra”.

Esta lista de paragens encontra-se mais detalhada no Anexo D.

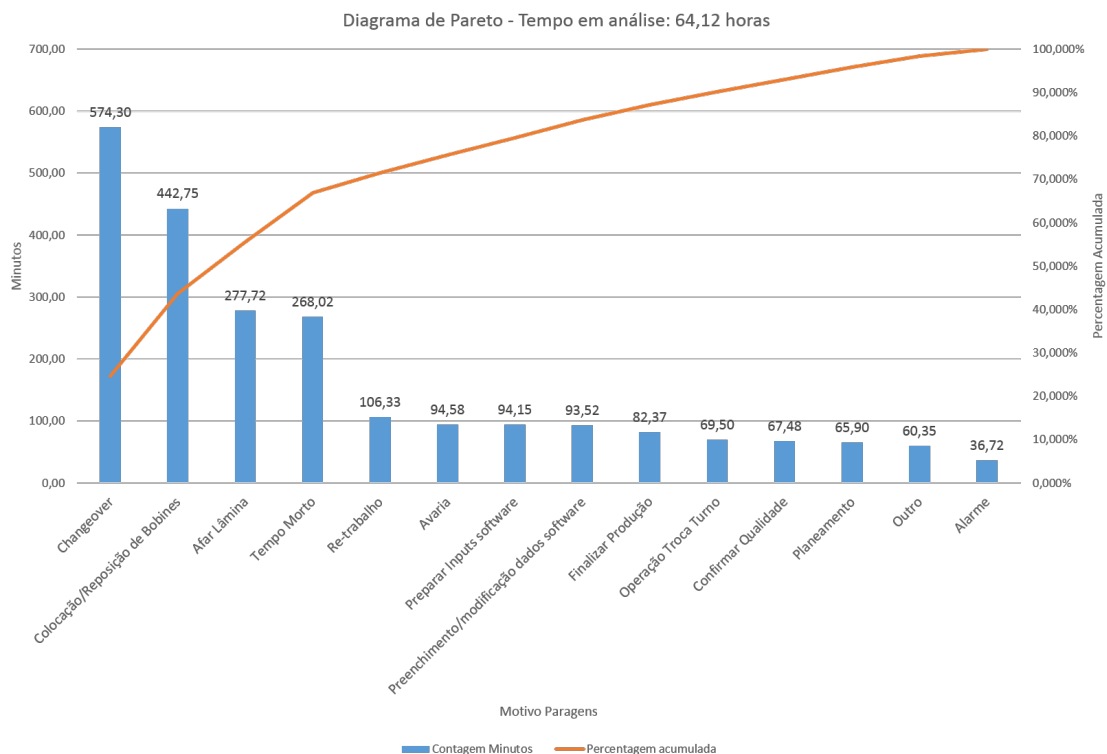


Figura 4.7: Diagrama de Pareto

## 4.5 Implementações/Trabalho de melhoria

Depois de se constatar as principais causas para a produtividade dos robots não ser a desejada, fez-se uma estudo para se tentar determinar quais seriam os impactos de cada melhoria, dependendo da dificuldade de implementação.

A colocação/reposição de bobines é uma operação fundamental para a produção. O que acontece é que grande parte das bobines não são muito grandes e a frequência com que os operadores colocam este material para alimentar o robot é elevada. Foram estudadas alternativas para contornar esse problema mas nenhuma foi viável, tendo sido esta operação descartada das potenciais melhorias.

Assim sendo, o foco do trabalho centrou-se no melhoramento das operações de *changeover* e de afiamento de lâmina.

#### 4.5.1 SMED

Para diminuir o tempo das operações de *changeover*, aplicou-se a técnica utilizada para o efeito - SMED. Fez-se um estudo para verificar o impacto de certas melhorias e analisando as tarefas executadas durante um *changeover*, verificou-se que há atividades que poderiam ser realizadas com o robot a trabalhar, adiantando, desta forma, trabalho. Na Tabela 4.3 podem-se observar as operações que foram exteriorizadas e as que foram parcialmente exteriorizadas, isto é, pode-se fazer parte do trabalho enquanto o robot está a trabalhar mas só se pode concluir a operação quando este estiver realmente parado.

setup					
ANTES			DEPOIS		
Tipo	Operação	Tempo (min)	Tipo	Implementação	Tempo (min)
INT	Limpeza/Lubrificação	0,75			igual
INT	Procurar fio e desloca-lo para robot (raramente )*	5	EXT	Checklist antes de acabar produção atual	0
INT	Transporte e montagem das Estruturas	4,67	INT e EXT	Checklist antes de acabar produção atual	2,5
INT	Colocar bobines no creel para nova produção	2			igual
INT	Troca/Preparar Cabeça	5	INT e EXT	Checklist antes de acabar produção atual	3
INT	Afiar Lâmina no início	3,27	EXT	Trabalhar com 2 lâminas. (apenas troca)	1
INT	Acertar posição calcador, lamina, bico, ar na válvula	1,55			igual
INT	Ajustar Pressão na Tela	1,01			igual
INT	Reaperto de Parafusos	1,50			igual
INT	Puxar fio e verificar corte de fio (cuspir fio)	0,40			igual
INT	Ativar / Desativar Sensores	0,38			igual
INT/EXT	Preenchimento de dados da Estrutura no SPAIP	0,5	EXT	Checklist antes de acabar produção atual	0
INT/EXT	Registrar no SPAIP Limpezas, Lubrificações, Afiamentos, Trocas	0,43	EXT	Checklist antes de acabar produção atual	0
INT	Preparar Ficheiro da Amostra	1,20			igual
INT	Introduzir parâmetros produção	0,39			igual
INT	Inserir parâmetros de produção da amostra no SPAIP	1,8	EXT	Checklist antes de acabar produção atual	0
		Tempo demorado (minutos)			15,69
		24,86			

Tabela 4.3: Exteriorização de operações - SMED

\*não se contabiliza operação de ir buscar fio porque normalmente este está visível

Depois de se analisar as diversas situações, verificou-se que existiam frequentes problemas com o fio. Este por vezes não era colocado no sítio correto e por isso os operadores demoravam bastante tempo a encontrá-lo. Este problema, que não ocorre muitas vezes (mas ocorre) é facilmente contornado se o operador antes de acabar a produção atual, fizer uma verificação do material da produção seguinte. Outro problema é a mudança de estrutura (tela). Existem muitas estruturas de vários tamanhos, em que cada uma normalmente é utilizada para mais que uma carrete (depende das dimensões). Quando é realmente necessário trocar a estrutura, os operadores demonstram muita dificuldade devido à falta de espaço na área de produção. De qualquer das formas, pedindo a colaboração de um colega e se conseguirem "abrir" caminho e trazer a estrutura que vai entrar para perto do robot, é grande poupança de tempo. A operação Trocar/Preparar Cabeça também pode ser feita parcialmente com antecedência. Se for para trocar a cabeça do robot, esta pode ser previamente montada com os componentes certos para satisfazer a especificação do cliente. Se for apenas para mudar algum componente da cabeça que está em produção, pode-se no máximo ter tudo pronto para assim que possível, fazer essa mudança de peças. Relativamente ao afiamento da lâmina, foi desenvolvido um estudo onde se chegou à conclusão que os operadores poupariam muito tempo se trabalhassem com pelo menos duas lâminas, fazendo apenas a troca de uma por outra ao invés de afiarem a lâmina enquanto o robot está parado. Esta melhoria irá



ser explicitada de seguida. As operações em que é necessário registar dados da estrutura, parâmetros de produção das amostras ou carpetes e também o registo de limpezas, afiamentos, trocas de lâminas, etc., são operações que individualmente demoram pouco tempo, mas o seu conjunto e tendo em conta que são 8 robots, tem algum impacto na produtividade. Assim sendo, o registo de limpeza e afiamento de lâmina em vez de ser feito com o robot parado, passa a ser feito com este em produção.





Na elaboração desta tabela, uma das dificuldades surgiu nos casos em que as operações foram parcialmente exteriorizadas, que o valor atribuído foi uma estimativa, consoante a dificuldade da operação e a experiência obtida durante a análise das operações.

Para concluir, considerando que a produção vai incluir as operações descritas, estas medidas provocam uma redução de **38,9%**. Como foi referido anteriormente, as operações diferem de produção para produção e isso implica que não se consiga definir um valor exato da redução conseguida. Isso deve-se ao facto da variabilidade existente neste contexto industrial, ou seja, dependendo da produção anterior e da complexidade da carpeta, pode não ser preciso haver mudança de estrutura, preparação da cabeça, afiamento de lâmina, mudança de cor (bobines) e noutros casos até pode haver operações que sejam mais demoradas devido à tal complexidade da produção seguinte.

#### 4.5.1.1 Formação aos Operadores

Para aplicar as melhorias acima referidas, foi realizada uma mini-formação, separadamente aos três turnos. Foi explicado aos operadores o propósito desta, envolvendo-os no trabalho e reforçando o âmbito deste trabalho.

1. Contexto da formação - abordando temas como a produtividade da empresa, melhoria contínua, etc.;
2. Fez-se um pequeno jogo, muito rápido, em que era pedido para ordenar as 7 principais causas das paragens dos robots, da que consome mais tempo ao fim de um dia para a que consome menos (e não ordenar por tempo de operação). Este exercício tinha apenas o objetivo de fazer com que os operadores se concentrassem e pensassem um bocado sobre o assunto;
3. Foi apresentado o diagrama de Pareto, onde puderam verificar as paragens. Foram dados alguns exemplos concretos e das melhorias que isso iria provocar a nível de poupança de tempo. Tal como era de esperar, os operadores ficaram muito surpresos com os valores apresentados;
4. Apresentação da *Checklist* de operações, dividida entre operações a realizar para preparar o fecho da produção atual e operações a realizar para preparar produção seguinte (Figura 4.8). Este documento foi colocado à vista e à disposição em todos os robots, para que fosse consultado sempre que necessário.

Tarefas para <u>preparar fecho</u> de Produção atual			
	1. <u>Contar bobines</u> e <u>arrumar</u> os sacos de fio. Decidir o local de destino dos sacos de fio utilizados.		2. Preparar e <u>preencher</u> campos necessários do SPAIP para bloquear os parâmetros assim que terminar produção.
	3. Decidir <u>local de destino da estrutura</u> .		4. <u>Imprimir etiqueta</u> e colocá-la na tela.









Tarefas para <u>preparar início</u> de Produção seguinte			
	1. <u>Ver/Procurar fio</u> e transporta-lo para perto do robot.		2. <u>Verificar existência</u> do ficheiro no computador.
	3. <u>Confirmar coordenadas</u> da ficha de produção		4. No caso de se colocar nova estrutura, verificar qual é a <u>estrutura seguinte</u> , <u>onde está</u> e notificar colega para o ajudar a transportá-la assim que terminar produção. <u>Desviar estruturas</u> que estão a obstruir passagem.
	5. <u>Afiar lâmina/Preparar nova</u> para a nova produção.		6. <u>Preparar cabeça/bico/anvil</u> .
	7. <u>Comunicar</u> à equipa de manutenção eventuais problemas do robot/falta de peças/ para prevenir eventuais avarias.		8. Fazer <u>limpeza</u> geral e <u>organizar</u> o posto de trabalho.

Figura 4.8: Checklist - SMED

#### 4.5.2 Implementação “2 lâminas”

Como já foi referido anteriormente, esta implementação traduziu-se na mudança da atividade de afiar lâmina. Esta melhoria revelou-se muito importante, pois os resultados foram considerados muito bons. A prática que atualmente está implementada na fábrica é a de trabalhar com pelo menos duas lâminas. Estando em produção, as paragens que os robots devem ter para afiar a lâmina são, em média, de hora em hora (à exceção dos dois mais recentes que são afiados com um intervalo de tempo ligeiramente maior). Assim sendo, usando pelo menos 2 lâminas, quando a lâmina já não está a cortar bem, tem de se chamar o robot ao serviço e efetuar a troca de lâmina, que demora no máximo 1 minuto. Antes desta medida os operadores paravam o robot, iam afiar e depois colocavam a lâmina, operação que demorava entre 3 a 4 minutos, dependendo do operador.

Esta medida de usar pelo menos 2 lâminas não era nova na empresa, já tinha sido apresentada e usada por alguns operadores mas nunca foi de aceitação unânime - razão pela qual foi difícil convencer os operadores a mudanças de práticas.

Inicialmente foi elaborada a seguinte tabela onde se se perceciona o impacto que esta medida teria. Foi apresentada à gerência que autorizou a implementação desta medida.

**Trabalhar com 1 lâmina**

Tempo Afiamento lamina *	Nº de vezes p/ turno	Nº Robots
00:03:30	7	6

Tempo total a afiar lamina (p/ turno)	Tempo a afiar lamina p/ turno p/ robot	Descrição
02:27:00	00:24:30	Afiar 7 vezes

Tabela 4.4: Tempo para afiar lâmina

\*Tempo Afiamento Lamina: Esta operação inclui o tempo de retirar lâmina do robot, afiar e posterior colocação. Este tempo é um valor médio da análise feita.

**Trabalhar com pelo menos 2 lâminas**

Tempo a colocar lâmina	Nº de vezes p/ turno	Nº Robots
00:01:00	7	6

Tempo total a trocar lamina (p/ turno)	Tempo a trocar lamina (p/ turno p/ robot)	Descrição
00:42:00	00:07:00	Afiar 7 vezes

Tabela 4.5: Tempo utilizando 2 lâminas

Como se pode verificar nas tabelas anteriores, ao se trabalhar com pelo menos 2 lâminas, a soma do tempo poupado em todos os robots é de 1 hora e 45 minutos, num turno de trabalho (8 horas). Este valor foi calculado para os 6 dos 8 robots existentes, que usam um sistema diferente dos outros 2 robots. O tempo que o robot se encontrava parado devido à lâmina foi reduzido em 71%.

Após se ter mostrado estes valores aos colegas e operadores de robot, conseguiu-se atingir um ponto de partida para se começar a implementar esta medida. A implementação revelou-se difícil pois todos os dias havia operadores que não usavam as 2 lâminas, argumentando que davam continuidade ao trabalho do turno anterior. E esse ciclo "vicioso" teve de ser contornado, através da insistência e com a compreensão por parte dos operadores que o método podia ser realmente aplicado sem que houvesse alterações no ponto e consequente fraca qualidade. Foi analisada e seguida a produção de algumas carpetes em que foram usadas 2 lâminas para se realmente comprovar que esta medida não deixa “marcas” das lâminas, como tinha sido discutido.

A questão à volta desta implementação é que supostamente usar 2 lâminas provoca variação da altura da carpete. Isto porque uma variação considerável do tamanho da lâmina vai causar esse efeito, mas ao começar-se com 2 lâminas praticamente do mesmo tamanho, sendo novas ou com algum uso, a variação do tamanho das lâminas vai ser gradual tal como seria usando uma lâmina. Esta implementação, obviamente, provoca mudança no método a que os operadores estavam habituados mas estes apenas têm de ter em atenção à forma como afiam a lâmina, que tem

de ser semelhante ao longo dos vários afiamentos da carpete (para as lâminas se desgastarem ao mesmo ritmo) e verificar se precisam de alterar a componente do Zlevel (parâmetro do software dos robots, que varia o comprimento de uma ponta do fio) pois à medida que a lâmina vai ficando mais curta, esse parâmetro terá de ser alterado para manter a altura do corte do fio.

Em forma de conclusão, verificou-se que esta implementação traz várias vantagens. Além do tempo poupado por dia nos robots, que é 1h45 por turno (que corresponde a 5h15 em 24h ou 3 turnos de trabalho) tem também a vantagem de reaproveitar as lâminas. Os operadores foram sensibilizados para reutilizarem as lâminas, visto que muitas delas se encontravam arrumadas e paradas. Sendo este um consumível muito caro, este reaproveitamento até ao limite mínimo é importante. As lâminas novas têm 28mm de diâmetro e um colaborador do departamento de manutenção fez um estudo para saber qual era o limite mínimo da lâmina, isto é, altura mínima que a lâmina ainda corta bem e não altera o ponto. Para facilitar e incentivar esse reaproveitamento, foram colocados uns “cabides” de lâminas em cada robot. Estes, tal como se observa na seguinte figura, têm 7 divisões. Na esquerda, estão colocadas lâminas usadas mas ainda consideradas altas (28 a 27,6 mm), a seguir são as lâminas médias (27,5 a 27,1 mm) e por fim lâminas baixas (27,0 a 26,6 mm). Quem as coloca neste cabide são colaboradores da manutenção ou os operadores de robot.

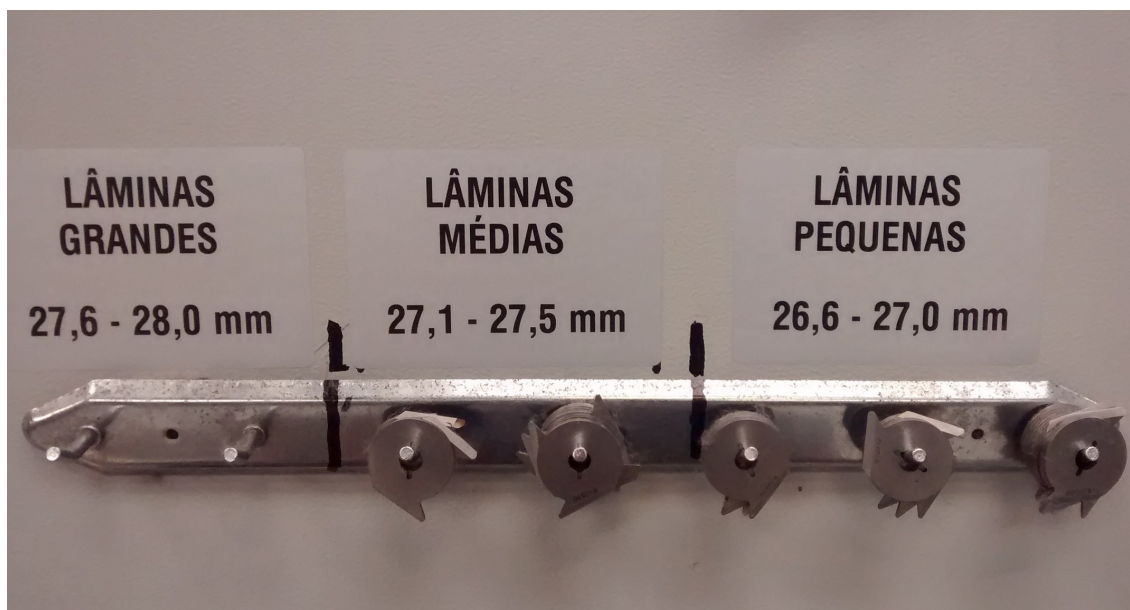


Figura 4.9: Suporte das lâminas colocado no posto de trabalho

Para organizar o posto de trabalho e prevenir erros do operador, foi também colocado um suporte para este colocar a lâmina afiada. Sempre que um operador não está no seu robot, por estar a fazer outros trabalhos como auxiliar o colega, na hora de almoço, etc. e há outra pessoa a substituí-lo, se a lâmina estiver no suporte, quando for necessário trocá-la por já não afiar bem, basta trocar-se pela que se encontra em espera. Não havendo local próprio para pousar as lâminas, era frequente estar uma lâmina pousada no posto de trabalho perto de outras ferramentas e quem

chegava não sabia o que fazer com ela, se afiar ou não. Daí deepreende-se da importância do facto de se afiar a lâmina duas vezes seguidas pois este ato poderá provocar alterações no produto. Na seguinte figura mostram-se os dois suportes que foram colocados em 5 robots, um para as lâminas usadas (agrupadas por tamanho) e outro individual para a(s) lâmina(s) afiada(s):

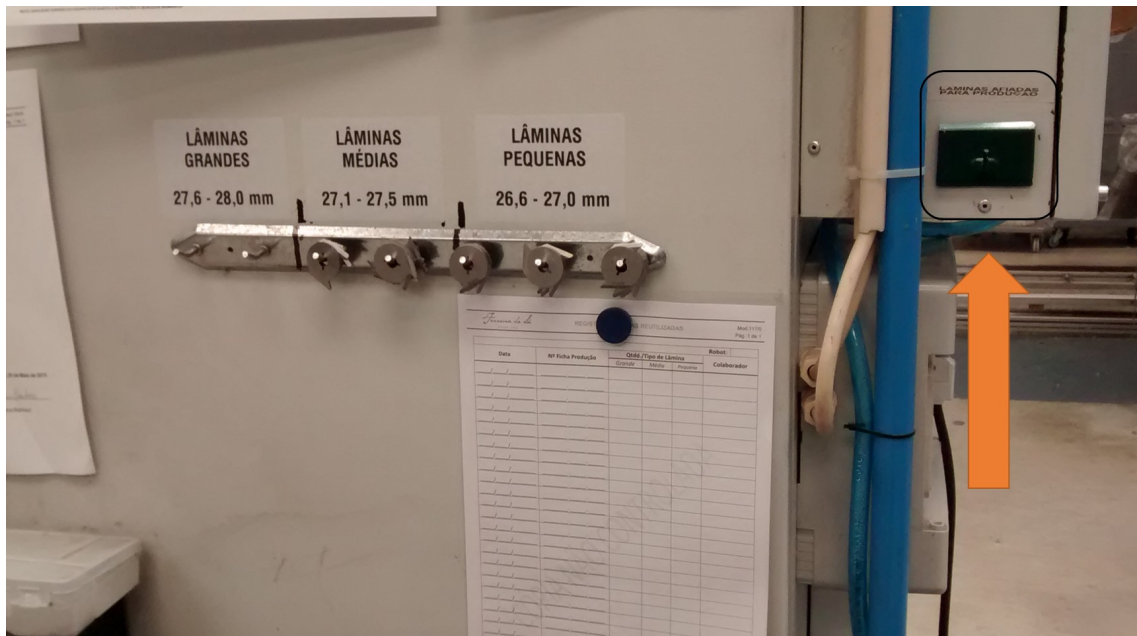


Figura 4.10: Suportes implementados em cada robot

Com estes suportes colocados nos postos de trabalho, ao lado dos robots, tornou-se muito mais fácil evitar situações como a que se verificavam na seguinte figura. As lâminas encontram-se assim mais organizadas e melhor aproveitadas.



Figura 4.11: Desorganização/inutilização das lâminas no posto de trabalho

Visto que a empresa está numa fase de desenvolvimento do sistema de informação, foi criado um documento (Anexo G, página 81) que se encontra junto ao suporte para haver controlo do número de lâminas que são reutilizadas. Assim, consegue-se ter dados para futuramente se estudar o consumo de lâminas.

#### 4.5.2.1 Sugestão alternativa - Polimento

Durante este estudo sobre a questão das lâminas, um operador sugeriu para que se polisse a lâmina em vez de afiar. Isto porque o polimento não desgasta a lâmina, e com um suposto bom polimento, esta fica a cortar bem o fio. Apresentada esta situação, foi de seguida analisada com outros colegas e pessoas mais experientes e chegou-se à conclusão que essa técnica poderia ser usada para fios mais fáceis de cortar e preferencialmente quando o fio está bem seco. Ainda assim, acompanhou-se o operador que sugeriu esse método e analisou-se o seu método de polimento. A grande vantagem deste método manifesta-se na considerável poupança destes consumíveis, as lâminas. Não obstante este mérito, concluiu-se que esta medida não pode ser aplicada na generalidade por ser inviável em várias situações, o que levou à rejeição desta sugestão.

#### 4.5.3 Inquérito aos operadores

Em simultâneo com as implementações anteriores, foi desenvolvido um inquérito como o objetivo de esclarecer algumas questões com os operadores de robot e de se ter algum feedback da parte deles. Sempre foi intenção tentar envolver ao máximo estes colaboradores pois é sabido que os resultados surgem num ambiente de trabalho propício e principalmente quando estes se sentem ouvidos, pois são eles que interagem dia a dia com os robots. Assim sendo, entreguei o inquérito aos 13 operadores da secção do robot-tufting; as questões abordadas e o resumo das respostas dadas são apresentadas de seguida:

**1. Qual é a principal causa para os robots não estarem em produção durante mais tempo?**

Nesta primeira questão, verificou-se que os operadores já têm perceção das principais causas das paragens nos robots. Estes responderam que era o afiamento de lâminas, as mudanças de bobines, falta de fio, a troca de tela, a preparação da cabeça, paragens frequentes na execução de amostras e falta de organização na preparação dos mapas de produção.

**2. Como seria possível fazer a preparação do robot (mudar cabeça, mudar ou afiar lâmina, etc.) em menos tempo?**

Relativamente a esta pergunta em geral foi mencionado que nos casos em que se tem de mudar a cabeça do robot, fazer a preparação antecipada desta é fulcral; outra solução apresentada seria haver 2 cabeças com a mesma cam para quando se iniciar a produção seguinte ser apenas necessário colocar a cabeça no robot; procurar fio correspondente à próxima ficha de produção e trazê-lo para junto do robot; uso de 2 lâminas e ser mais fácil trocar as telas.

**3. Trabalha com 2 lâminas em simultâneo? Justifique a sua resposta.**

As respostas a esta questão foram mais afirmativas do que se verificava na realidade, ou seja, vários operadores diziam que trabalham com 2 lâminas e no entanto, eram muito raras as vezes que isso acontecia. Isto porque tal como já foi dito antes, a questão das 2 lâminas já tinha sido introduzida na empresa, mas nunca chegou a ser realmente implementada. Uma



minoria respondeu que não trabalhava com 2 lâminas pois altera o ponto - o que posteriormente se comprovou que com o procedimento da troca de lâminas bem feito, não altera.

**4. Assim que termina a produção de uma carpete e quando se tem de mudar a estrutura (tela), considera que este processo poderia ser mais rápido?**

Em geral, as respostas a esta pergunta foram unânimes. Havendo mais espaço para arrumar e circular com as telas; se não ficassem tantas telas atrás do robot, a troca seria muito mais fácil e até poderiam trazer a nova tela para perto do robot antes da produção atual acabar. Soluções que também poderiam facilitar o trabalho dos operadores seria se o "perno" não fosse fixo e sem ser preso com parafusos e se as molas que prendem a tela aos suportes fossem mais fáceis de prender, como se mostra nas seguintes figuras:



(a) Suporte da estrutura da tela que se aparafusa ao chão consoante a medida da estrutura.



(b) Molas que prendem tela aos suportes fixos ao chão.

Figura 4.12: Mecanismo utilizado para fixar a tela.

**5. O que faz para preparar a produção da carpete seguinte?**

Os operadores têm conhecimento do que têm de preparar. Com base nisso, afirmaram que têm de confirmar os dados do mapa de produção, a existência correta do fio, verificar a existência de tela, das coordenadas iniciais de produção. Depois disso, devem fazer a preparação do que for possível adiantar, ou seja, da cabeça, lâmina, anvil, tubo, etc.

**6. Tem dificuldades em encontrar o fio (prateleira, carrinho) quando inicia a produção de uma carpete?**

Sim, os operadores têm dificuldade em encontrar a matéria prima principalmente na produção de amostras. Nestes casos, o fio costuma estar armazenado em carrinhos misturado com outros tipos de fio para outras fichas de produção. Obviamente essas situações dificultam a tarefa do operador em encontrar o fio. Outra dificuldade apresentada prende-se com a deslocação dos mapas de produção de um robot para outro, e o fio fica onde estava inicialmente, nas estantes perto do robot.

**7. Faz o preenchimento dos vários campos do SPAIP quando o robot está em produção?**

Aqui a pergunta era de escolha múltipla, tendo obtido uma única resposta: "sempre". Ainda assim, durante o tempo que se passou na produção a recolher e a analisar dados, reparou-se que esse preenchimento não era feito muitas vezes com o robot em produção.

**8. Tem as condições e ferramentas necessárias perto do seu posto de trabalho?**

Apenas foi reportada uma situação em que falta uma ferramenta específica num dos robots, mas todos responderam que têm o material necessário no posto de trabalho.

**9. Como seria possível melhorar os métodos de trabalho nos robots?**

Nesta pergunta foi sugerido que houvesse mais organização por parte de toda a empresa e tentar evitar que surgissem "carpetes urgentes". Transcreve-se a frase de um operador: "Com vontade e empenho dos colaboradores, temos as condições e as informações necessárias para uma boa produção e poucas paragens."

**10. Como considera o ambiente de trabalho/espírito de equipa no seu turno?**

Sendo esta uma pergunta de resposta fechada, a média foi de 4,3 em 5.

**11. Quais são as suas tarefas mais importantes durante a execução do seu trabalho?**

Em geral foi dito que todas as tarefas eram importantes e de grande responsabilidade. Também foi respondido que tarefas importantes eram: a verificação da qualidade das carpetes, com atenção especial às alterações do ponto; organização do posto de trabalho; minimização das paragens dos robots; comunicação dos problemas e manutenção contínua dos robots; atenção às mesclas das carpetes, para não haver enganos na cor de algum fio; definição do método de trabalho e para concluir, os inícios de produção das carpetes.



## 12. Acha necessária alguma formação? Sobre quê?

Foram sugeridas formações de:

- Tipos de fio e a compreensão da sua densidade (para calibração dos sensores);
- Mecânica dos robots;
- Manutenção dos robots;
- Software Hitex (utilizado nos robots).

Com a realização deste inquérito pôde-se concluir, tal como se previa, alguma conformidade da parte dos operadores. Respostas como “Mas não se pode fazer nada para mudar isso” sugeriram frequentemente. Por outro lado, foram apresentadas algumas sugestões de melhoria já discutidas e outras muito pertinentes, tal como a sugestão de uma estrutura de fixação móvel que se adaptasse ao tamanho da estrutura, com um sistema de prender ao chão mais fácil e rápido; ter duas cabeças com a mesma cam para prepararem tudo para a produção seguinte enquanto a produção atual ainda não terminou.

## 4.6 Conclusão do capítulo

Neste capítulo 4 é explicada a metodologia seguida para o levantamento das causas das repetidas e diversificadas paragens que ocorrem nos robots. Depois de se perceber quais eram essas causas, é explicado como se fez a implementação de soluções de melhoria, sendo para isso fulcral o envolvimento dos operadores. Assim, depois deste capítulo conclui-se que:

- Através do VSM, verificou-se que tempo total que as carpetes simples e lisas demoram para atravessar a fase de produção, desde a preparação da estrutura até ao embalamento (isto é, quando o planeamento dá ordem para se começar a produzir determinado produto) é de aproximadamente 9/10 dias. Apenas entre 4 e 8% do tempo é que se estão a realizar operações que acrescentem valor para o cliente;
- Através da lista de operações que foi definida para os operadores da produção robot-tufting, usada na recolha de dados para atribuir cada paragem ao motivo correspondente, foi possível quantificar cada operação - estipulando assim um tempo médio para cada uma;
- A definição das responsabilidades dos vários atores e da caracterização das diferentes fases da produção robot-tufting foi importante para a empresa;
- O *changeover* é a operação que provoca os maiores tempos de paragem nos robots. Isto deve-se à complexidade da operação essencialmente devido às diferentes especificações dos produtos;

- As paragens não planeadas correspondem a 27,08% do tempo parado, sendo metade deste tempo devido a paragens designadas de “tempo morto”. Este valor deve-se a erros de planeamento, erros dos operadores que levam à repetição da operação, à falta de formação dos operadores em relação ao calibramento dos sensores de fio, a avarias, entre outros;
- A checklist criada com o objetivo de antecipar trabalho (tanto de conclusão da produção atual como de preparação da produção seguinte) enquanto o robot está em produção, no âmbito da implementação SMED, caso seja seguida, traduz-se num aproveitamento muito melhor do tempo. Esta faz com que os operadores façam o planeamento devido, levando-os à antecipação e correção de erros sem deixar o robot parado;
- A mudança da operação do afiamento de lâmina traz melhorias significativas, tanto a nível operacional como de retenção de custos. Esta medida reduziu o tempo dos vários afiamentos (num robot e num turno) de aproximadamente 24 para 7 minutos.

## Capítulo 5

# Conclusão e Trabalho Futuro

Neste capítulo são apresentadas as conclusões obtidas após a realização deste trabalho. Inicialmente é feita uma reflexão sobre o cumprimento de objetivos e de seguida são apresentadas propostas para trabalho futuro.

### 5.1 Satisfação dos objetivos e conclusão

Este projeto que teve a duração de cerca de 4 meses numa indústria de tapeçarias foi realmente importante, tanto para a empresa como a nível pessoal, para a perceção das dificuldades surgidas em ambiente industrial, neste caso, numa indústria customizada. Tendo noção da dificuldade que é aplicar as teorias/metodologias do pensamento Lean numa indústria customizada, foi gratificante toda a abordagem tomada, desde a fase inicial do trabalho em que se fez a revisão bibliográfica, passando pela identificação e análise do problema e por fim, a apresentação de medidas de melhoria da eficiência operacional. Também é importante referir que foi desenvolvida uma página web que contém toda a informação necessária sobre a execução do trabalho.

Os objetivos propostos foram cumpridos, sendo os responsáveis por isso toda a equipa de colaboradores que ajudou e se comprometeu com o projeto. Conseguiu-se então perceber-se o motivo das frequentes paragens nos robots, quantificá-las e depois dessa fase, conseguir “atacar” e reduzir os tempos em que os robots não estão a produzir. Tendo-se verificado que as paragens nos robots estão maioritariamente relacionadas com os inícios de produção, a utilização do *Single Minute Exchange of Die*, principal ferramenta usada no trabalho, elaborou-se uma *checklist* que fez reduzir o tempo de *changeover* em 38% e a paragem de afiamento de lâmina em aproximadamente 71%. Paragens relacionadas com tempo-morto, preenchimento de dados do sistema de informação e operações de finalização de produção são também “combatidas” na *checklist*, sendo o objetivo desta planear e antecipar o trabalho (exteriorização de operações). Com as medidas antes referidas, a produtividade da empresa foi efetivamente aumentada, passando de 67,2% (média da produtividade global do último ano) para 72% (média da produtividade dos últimos dois meses do projeto).

Com este trabalho tornou-se evidente como o envolvimento dos operadores é fundamental. Só depois de se passar muitos dias a acompanhar o seu trabalho, a entender as suas dificuldades e os seus problemas e discutir sugestões de melhorias é que se consegue quebrar barreiras na relação com os operadores. A forma como se abordam as conversas sobre mudanças no método de trabalho é muito importante visto que grande parte dos operadores nunca gostam ou não concordam com essas medidas; é necessário que estes percebam a razão da mudança, os seus benefícios para os convencer gradualmente. De realçar também o papel que as formações, a apresentação e partilha de resultados com os operadores e o envolvimento/apoio da gestão de topo são fatores fulcrais para a implementação e sucesso de qualquer trabalho deste gênero. Em trabalhos com este âmbito, o papel da gerência em dar o exemplo, incentivar e oferecer condições para que as mudanças ocorram é muito importante. Segundo Mann (2009), a implementação de ferramentas e metodologias representa no máximo 20% do esforço nas transformações provocadas pela filosofia Lean; os outros 80% do esforço são gastos na mudança de práticas e comportamentos dos líderes, que posteriormente têm de provocar essas mudanças de mentalidade nos operadores.

Para concluir, o levantamento das causas das paragens e as melhorias efetuadas foram muito positivas para a empresa, pois foi desenvolvida uma base sólida com informações concretas e importantes para trabalho futuro (apresentado na secção seguinte). Este projeto, com o qual o autor conclui o ciclo de estudos, permitiu colocar em prática os conhecimentos obtidos ao longo do percurso académico. Foi muito motivador e, fundamentalmente, foi adquirida uma noção real do que se passa numa indústria que só foi facultada através da realização deste trabalho.

## 5.2 Trabalho futuro

O pensamento por detrás deste trabalho, com origem no TPS, baseia-se num princípio de melhoria contínua. Isto significa que a busca contínua da perfeição está sempre presente, mesmo para as medidas recentemente implementadas. Como foi dito anteriormente, este trabalho permitiu “construir” uma base de informações importantes para futuros trabalhos, onde foram detetados os problemas que mais afetam a produtividade da empresa.

De seguida, é feita uma análise “Facto, Causa, Ação” para os diversos problemas encontrados no sector de produção da empresa em estudo:

- *Setup*

<b>Facto 1</b>	Tempo de mudança e preparação de cabeça extenso.
<b>Causa</b>	Operação complexa, com muitos parafusos e pequenas peças a encaixar.
<b>Ação/Possível Solução</b>	Existir duas cabeças com mesma cam, sendo apenas necessário mudar cabeça quando se começa nova produção.
<b>Facto 2</b>	Muita dificuldade em acertar o ponto da carpeta - especificação do cliente.
<b>Causa</b>	Diversos parâmetros a considerar: nº de fios, densidade, altura do bico, velocidade de produção, pressão, etc..
<b>Ação/Possível Solução</b>	Criar quadro com intervalo de valores dos parâmetros necessários, dependendo do nº de fios, do tipo de fio, etc.

Tabela 5.1: Análise FCA para *Setup*.

- Estrutura

<b>Facto 1</b>	Tempo de desaparafusamento do suporte da estrutura extenso. Ver Figura 4.12a
<b>Causa</b>	Vários parafusos e chave manual.
<b>Ação/Possível Solução</b>	Ferramenta mais fácil e rápida para desaparafusar; suporte móvel ajustável à largura da estrutura.

<b>Facto 2</b>	Dificuldade em prender a tela aos suportes, através das molas. Ver Figura 4.12b
<b>Causa</b>	Mecanismo complicado.
<b>Ação/Possível Solução</b>	Fornecedores de fio fazerem bobines maiores.

Tabela 5.2: Análise FCA para problemas relacionados com a Estrutura.

- Fio

<b>Facto 1</b>	Mapas de produção de amostras são mudados de robot.
<b>Causa</b>	Ajustes de Planeamento. Amostras urgentes.
<b>Ação/Possível Solução</b>	Sempre que mudam mapa do robot e não mudam o fio, tem de ser obrigatório notificar, colgar ou colocar aviso no robot do local onde se devia encontra o fio.

<b>Facto 2</b>	Dificuldade em encontrar fio na prateleira.
<b>Causa</b>	Desorganização, muitos sacos de vários tipos de fio e cores.
<b>Ação/Possível Solução</b>	Identificação das prateleiras do fio junto dos robots e aplicação dos 5S. Colaborador da equipa de fio vai registar no mapa de produção da carpeta a que se destina o fio a localização exata do mesmo.

<b>Facto 3</b>	Paragem frequente dos robots para abastecer com matéria.
<b>Causa</b>	Consumo elevado de fio e bobines de pequenas dimensões.
<b>Ação/Possível Solução</b>	Fornecedores do fio fazerem bobines maiores.

Tabela 5.3: Análise FCA para problemas relacionados com Fio.

- Variabilidade de produção

<b>Facto 1</b>	Variabilidade do produto final.
<b>Causa</b>	Falta de procedimento/regras.
<b>Ação/Possível Solução</b>	Definir método standard para todos os operadores de robot, formando-os e apoiando-os.

Tabela 5.4: Análise FCA para Variabilidade de Produção.

- Tempo Morto

<b>Facto 1</b>	Tempo de produção dos robots desperdiçado.
<b>Causa</b>	Irresponsabilidade/desinteresse dos operadores.
<b>Ação/Possível Solução</b>	Formações; motivação por parte da gerência; definição de objetivos/metast.

Tabela 5.5: Análise FCA para Tempo Morto.

Apresentam-se no anexo J algumas sugestões de melhorias que envolvem outros departamentos da empresa mas com profundo impacto no setor de produção.



# Referências

- Dal, B., P. Tugwell, and R. Greatbanks (2000). Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement – A practical analysis. *International Journal of Operations & Production Management* 20(12), 1488–1502.
- Ishikawa, K. (1986). *Guide to quality control*. Tokyo; Ann Arbor, MI: Asian Productivity Organization ; UNIPUB.
- Jones, D. (2003). *The Beginner's Guide To Lean* | Lean Enterprise Institute.
- Juran, J. M. (2004). *Architect of Quality: The Autobiography of Dr. Joseph M. Juran*.
- Kumar, S. A. and N. Suresh (2008). *Production and Operations Management* (2nd ed.).
- Mann, D. (2009). *The Missing Link : Lean Leadership*. pp. 15–26.
- Marchwinski, C., J. Shook, and I. Lean Enterprise (2004). *Lean lexicon : a graphical glossary for lean thinkers : version 2.0*. Brookline, Mass.: The Lean Enterprise Institute.
- Musa, M., A. Ibrahim, S. Ravi, Z. Abidin, and W. A. Wan Mat (2013). A case study and analysis of setup reduction for stamping dies - SMED approach. pp. 1–9.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM : total productive maintenance*. Cambridge, Mass.: Productivity Press.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system : beyond large-scale production*. Cambridge, Mass.: Productivity Press.
- Osada, T. (1991). *The 5S's : five keys to a total quality environment*. Tokyo; White Plains, NY: Asian Productivity Organization ; Distributed by Quality Resources.
- Rother, M. and J. Shook (2003). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA* (Spiral-bound ed.).
- Rubrich, L. and M. Watson (2004). *Implementing world class manufacturing : includes lean enterprise : business manual*. Fort Wayne, Ind.: WCM Associates.
- Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing : the SMED system*. Cambridge, Mass.: Productivity Press.
- Shook, J. and C. Marchwinski (2006). *Lean Lexicon - A Graphical Glossary for Lean Thinkers*. Lean Enterprise Institute.
- Silva, J. P. A. R. (2009). OEE - A forma de medir a eficácia dos equipamentos.

- Simon, K. (2012). Pareto Chart. *Pareto Chart - iSixSigma*, iSixSigma.
- Sugai, M., R. I. McIntosh, and O. Novaski (2007). Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. *Gestão & Produção* 14, 323–335.
- Tanco, M., J. Santos, J. L. Rodriguez, and J. Reich (2013). Applying lean techniques to nougat fabrication: A seasonal case study. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 68(5-8), 1639–1654.
- Trulock, J. L. C. (2000). O sistema de qualidade da fábrica da Peugeot de Villaverde - Espanha. In *Calidade. Qué es. Como hacerla*, Volume Ediciones.
- Womack, J. P. and D. T. Jones (1996). *Lean thinking : banish waste and create wealth in your corporation*. New York, NY: Simon & Schuster.
- Womack, J. P., D. T. Jones, D. Roos, and T. Massachusetts Institute of (1990). *The machine that changed the world : based on the Massachusetts Institute of Technology 5-million dollar 5-year study on the future of the automobile*. New York: Rawson Associates.



## **Anexo A**

### **Showroom da empresa - cores para configuração da carpete**



Figura A.1: Cores agrupadas por diferentes sistemas de referência



## Anexo B

# Tabela de recolha de dados - versão inicial

Dados Produção			Parâmetros		
Robot 2 Ficha de Produção: 5122-03-03			Velocidade (máquina): 120 Velocidade (global): 90 Z_level: 15,5	Densidade: 220 T/Needle: 1	
Hora Inicio	Hora Fim	Estado	Motivo	Descrição	
10:10		Em Produção			
10:21		Parado – Paragem obrigatória	Acabou fio		
10:22		Em Produção			
10:35		Parado – Paragem obrigatória	Acabou fio		
10:36		Em Produção			
10:43		Parado		Verificar ponto	
10:45		Em Produção			
10:45		Parado – Manutenção		Limpeza	
10:50		Em Produção			
10:51		Parado – Paragem obrigatória	Acabou fio		
10:52		Em Produção			
10:53		Parado	Terminou tela		
11:06		Parado		Colocação Tela	
11:22		Parado	Setup robot	Montagem cabeça, limpeza geral robot. Parado	
12:15		Executar Amostra			
12:21	12:30	Em Produção		CARPETE NOVA	
Break Time				Dados Produção	
13:45		Parado		Robot 2	
13:56		Parado – Manutenção		Ficha de Produção: 5128-18	
13:57		Em Produção		Carpete muito comprida. Cinzenta com varias tiras rectangulares	
14:02		Parado			
14:07		Em Produção		Manutenção/calibração do robot para acertar o ponto/carreira	
14:16		Parado		Mescla fios (cones). Trocar cones por causa da tonalidade	
14:19		Em Produção			
14:41		Parado		Acabou tira. Bruno esteve a tentar melhorar/limpar robot	
14:49		Em Produção			
15:26		Parado – Paragem obrigatória	Acabou fio		
15:28		Em Produção			
15:28		Parado – Paragem obrigatória	Acabou fio		
15:29		Em Produção			
15:54		Parado – Manutenção		Limpeza + afiar Lâmina	
15:58		Em Produção			
16:16		Parado – Paragem obrigatória	Acabou fio		
16:16		Em Produção			

Figura B.1: Documento de recolha de dados - versão inicial

Vm	V	Z level	Dens	T/Needl	Estado	Hora Início	Hora fim	Tempo Prod	Tempo Paragem	Tempo Prod	Tempo Parado	Motivo
120	105	13,8	260	138	Parado	14:43:50	14:44:10	0	20	0,00	0,33	4.1 Preparar Ficheiro Carpete
120	105	13,8	260	138	Parado	14:44:10	14:45:20	0	70	0,00	1,17	8.5 =Tempo Morto*
120	105	13,8	260	138	Em Produção	14:45:20	14:49:00	220	0	3,67	0,00	4.2 Produzir Carpete
120	105	13,8	260	138	Parado	14:49:00	14:49:50	0	50	0,00	0,83	11.6 Ajustar Pressão na Tela
120	105	13,8	260	138	Em Produção	14:49:50	14:53:19	209	0	3,48	0,00	4.2 Produzir Carpete
120	105	13,8	260	138	Parado	14:53:19	14:55:28	0	129	0,00	2,15	certar posição calçador, lamina, bico, ar na v
120	105	13,8	260	138	Em Produção	14:55:28	14:57:00	82	0	1,53	0,00	4.2 Produzir Carpete
120	105	13,8	260	138	Parado	14:57:00	14:58:00	0	60	0,00	1,00	11.6 Ajustar Pressão na Tela
120	105	13,8	260	138	Em Produção	14:58:00	14:59:41	101	0	1,68	0,00	4.2 Produzir Carpete
120	105	13,8	260	138	Parado	14:59:41	15:00:46	0	65	0,00	1,08	certar posição calçador, lamina, bico, ar na v
120	105	13,8	260	138	Parado	15:00:46	15:00:53	0	7	0,00	0,12	verificar se o corte de fio está bom no INIC
120	105	13,8	260	138	Parado	15:00:53	15:06:44	0	351	0,00	5,85	5.4 Afiamento Lâmina
120	105	13,8	260	138	Parado	15:06:44	15:06:57	0	12	0,00	0,22	certar posição calçador, lamina, bico, ar na v
120	105	13,8	260	138	Parado	15:06:57	15:07:08	0	11	0,00	0,18	verificar se o corte de fio está bom no INIC
120	105	13,8	260	138	Em Produção	15:07:08	15:10:15	187	0	3,12	0,00	4.2 Produzir Carpete
120	105	13,8	260	138	Parado	15:10:15	15:10:56	0	41	0,00	0,68	certar posição calçador, lamina, bico, ar na v
120	105	13,8	260	138	Parado	15:10:56	15:11:10	0	14	0,00	0,23	verificar se o corte de fio está bom no INIC
120	105	13,8	260	138	Em Produção	15:11:10	15:20:15	545	0	9,08	0,00	4.2 Produzir Carpete
120	105	13,8	260	138	Parado	15:20:15	15:20:46	0	31	0,00	0,52	8.2 Alarme sensor (fiolagulha)
120	105	13,8	260	138	Em Produção	15:20:46	15:23:07	141	0	2,35	0,00	4.2 Produzir Carpete
120	105	13,8	260	138	Parado	15:23:07	15:23:26	0	19	0,00	0,32	8.2 Alarme sensor (fiolagulha)
120	105	13,8	260	138	Em Produção	15:23:26	15:27:06	220	0	3,67	0,00	4.2 Produzir Carpete
120	105	13,8	260	138	Parado	15:27:06	15:27:50	0	44	0,00	0,73	Colocação / Reposição de Bobines no Ch
120	105	13,8	260	138	Em Produção	15:27:50	15:29:30	100	0	1,67	0,00	4.2 Produzir Carpete
120	105	13,8	260	138	Parado	15:29:30	15:29:52	0	22	0,00	0,37	8.2 Alarme sensor (fiolagulha)
120	105	13,8	260	138	Em Produção	15:29:52	15:31:41	109	0	1,82	0,00	4.2 Produzir Carpete
120	105	13,8	260	138	Parado	15:31:41	15:31:54	0	13	0,00	0,22	8.2 Alarme sensor (fiolagulha)
120	105	13,8	260	138	Em Produção	15:31:54	15:32:25	31	0	0,52	0,00	4.2 Produzir Carpete
120	105	13,8	260	138	Parado	15:32:25	15:32:37	0	12	0,00	0,20	8.2 Alarme sensor (fiolagulha)
120	105	13,8	260	138	Em Produção	15:32:37	15:36:15	158	0	2,63	0,00	4.2 Produzir Carpete
120	105	13,8	260	138	Parado	15:36:15	15:36:30	0	15	0,00	0,25	Colocação / Reposição de Bobines no Ch
120	105	13,8	260	138	Em Produção	15:36:30	15:35:58	28	0	0,47	0,00	4.2 Produzir Carpete

Figura B.2: Parte do documento de recolha de dados - versão final

## Anexo C

# Software Tuftmachine (Hitex)

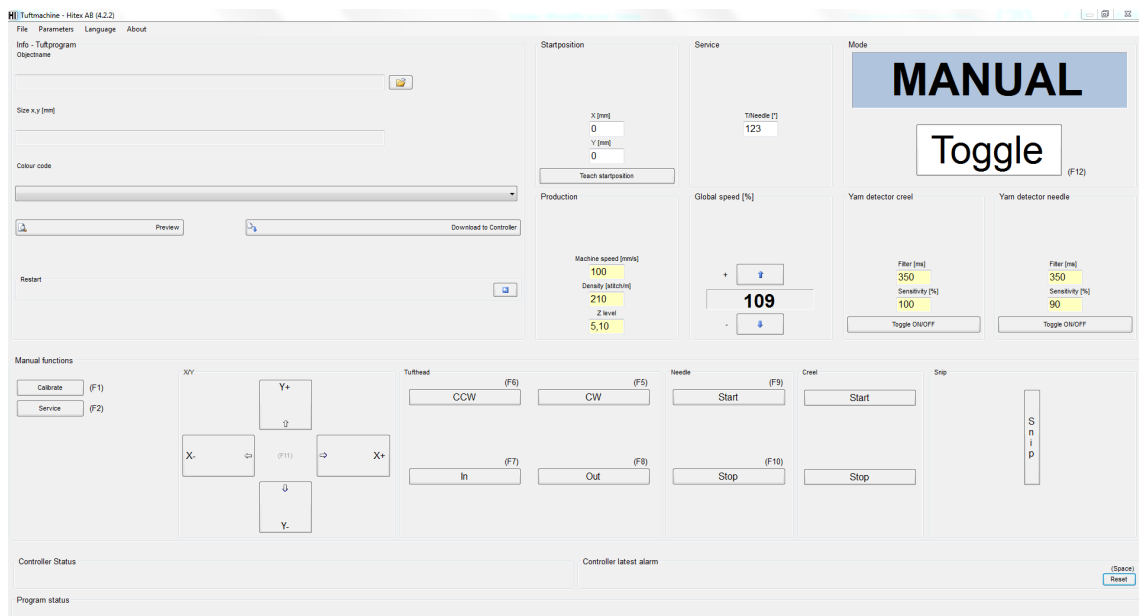


Figura C.1: Ambiente principal do software

**System parameters**

Production Machine Status System

**Yarn detector spindle**

Start delay [ms]: 2000

Filter [ms]: 350

Inhibit [stitch/s]: 7

Sensitivity [%]: 100,0

☒ Motion detected

**Yarn detector needle**

Start delay [ms]: 2000

Filter [ms]: 350

Inhibit [stitch/s]: 8

Sensitivity [%]: 90,0

☐ Motion detected

**Creel**

☐ Enabled

Speed [%]: 45

**Loop**

☐ Loop production

**Acc/Ret**

Rigidity [%]: 10


Load Save Close

Figura C.2: Parâmetros de produção

System parameters


Production Machine Status System

Service position

 X [mm] Y [mm] V [°] T/Needle [°]


0 750 271 123

Tuft motor

 Current position Startposition [°]


T = 123,0° 319

Work area

 X [mm] Y [mm]


500 – 15000 0 – 4020

Speed

 Service [mm/s] Transport [mm/s] Tufthead in/out [s]


300 200 2

Snip

 ☒ Snip unit installed Stroke length [mm] Diam. Feeder Wheel [mm]

120 27

Other

 ☒ 3D-Servo installed ☒ Head always out during transports

Close

Figura C.3: Parâmetros do robot





## Anexo D

### Lista de operações/paragens

ID	Tarefas Principais
1. Preparação de Máquina e Estrutura	
1.1	1.1.1 Troca de Cabeça (se necessário)
	1.1.2 Preparar Cabeça do Robot
	1.1.3 Mudar ou afiar Lamina/anvil no início
	1.1.4 Trocar bico (se necessário)
	1.1.5 Acertar posição calcador, lâmina, bico, ar na válvula
	1.1.6 Ajustar Pressão na Tela
	1.1.7 Introduzir parâmetros (Tneedle, StartPosition, Zlevel, Dens.)
	1.1.8 Limpeza
	1.1.9 Reaperto de Parafusos
	1.1.10 Colocar tesoura (se necessário)
	1.1.11 Lubrificação
1.2	Transporte e montagem das Estruturas
1.3	Puxar fio e verificar se o corte de fio está bom no início (cuspir fio)
1.4	Ativar / Desativar Sensores
1.5	Verificar o nível do depósito de óleo, a abertura do mesmo e a válvula do ar
1.6	Colocar bobines no creel para nova produção
1.7	Procurar fio e desloca-lo para robot
1.8	Registar troca de turno no SPAIP
1.9	Limpeza geral troca de turno

Tabela D.1: Operações de preparação de máquina e estrutura

2. Preparação dos Inputs do Software		
2.1	Posicionar Carpetes e Calcular Coordenadas	
3. Preparar / Testar Ficheiro de Teste (Amostra)		
3.1	Preparar Ficheiro Amostra	3.1.1 Pesquisar Ficheiro
		3.1.2 Confirmar Pasta/Nome do Ficheiro
		3.1.3 Converter Ficheiro
		3.1.4 Download Ficheiro de Teste
3.2	Inserir Parâmetros de Produção no Software da Máquina	
3.3	Executar Amostra	
3.4	Verificar qualidade da amostra	
3.5	Inserir Parâmetros de Produção da amostra no SPAIP	
4. Iniciar Produção de Carpete		
4.1	Preparar Ficheiro Carpete	4.1.1 Pesquisar Ficheiro de Carpete
		4.1.2 Confirmar Pasta/Nome do Ficheiro
		4.1.3 (Converter Ficheiro)
		4.1.4 Download Ficheiro Teste
		4.1.5 Verificação do Nome Ficheiro da Carpete
4.2	Produzir Carpete	
4.3	Preenchimento de dados da Estrutura no SPAIP	
5. Produção, manutenção e registo de informações no software		
5.1	Registar no SPAIP Parâmetros de Produção por Layer	
5.2	Verificar e Bloquear Edição de Parâmetros por Layer	
5.3	Limpeza	
5.4	Afiamento Lâmina	
5.5	Troca Lâmina	
5.6	Registar no SPAIP limpezas, lubrificações, afiamentos e trocas	
5.7	Verificação da posição das bobines no Creel (Papéis ou SPAIP)	
5.8	Colocação / Reposição de Bobines no Creel	
5.9	Registo no SPAIP das posições das Bobines no Creel	
5.10	Confirmar a qualidade da carpete	
5.11	Fazer download ficheiro do novo layer	
5.12	Puxar fio e verificar se o corte de fio está bom (cuspir fio)	
5.13	Fazer braçadeiras	
5.14	Retirar bobines e colocar novas (diferente layer)	
5.15	Lubrificação	

Tabela D.2: Operações de preparação dos inputs, de preparação/teste de amostra e de produção de carpete.

6. Finalizar Produção de Carpete FPR	
6.1	Bloqueio de toda a informação da FPR no SPAIP
6.2	Fecho da FPR / Impressão da FPR / Impressão da Etiqueta
6.3	Colocação da FPR e da Etiqueta na Estrutura / Tela
6.4	Contagem e arrumo dos cones nos sacos
7. Finalizar MPR	
7.1	Verificar se toda a informação do MPR está preenchida
7.2	Arquivar MPR nas capas arquivadoras
8. Paragens não planeadas	
8.1	Calibrar robot (para acertar ponto, carreiras, etc.)
8.2	Alarme sensor (fio/agulha)
8.3	Avaria
8.4	Dúvida de produção (perguntar aos superiores)
8.5	“Tempo Morto”
8.6	Desfazer carreiras
8.7	Erro Planeamento (estruturas, coordenadas, ficheiros, fio)
8.8	Acertar parâmetros no software
8.9	Cortar pontas das costas da carpete
8.10	Outra
8.11	Fio Enrolou

Tabela D.3: Operações de finalização das fichas e mapas de produção; lista de paragens não planeadas



## Anexo E

### Fotografia da cabeça do robot

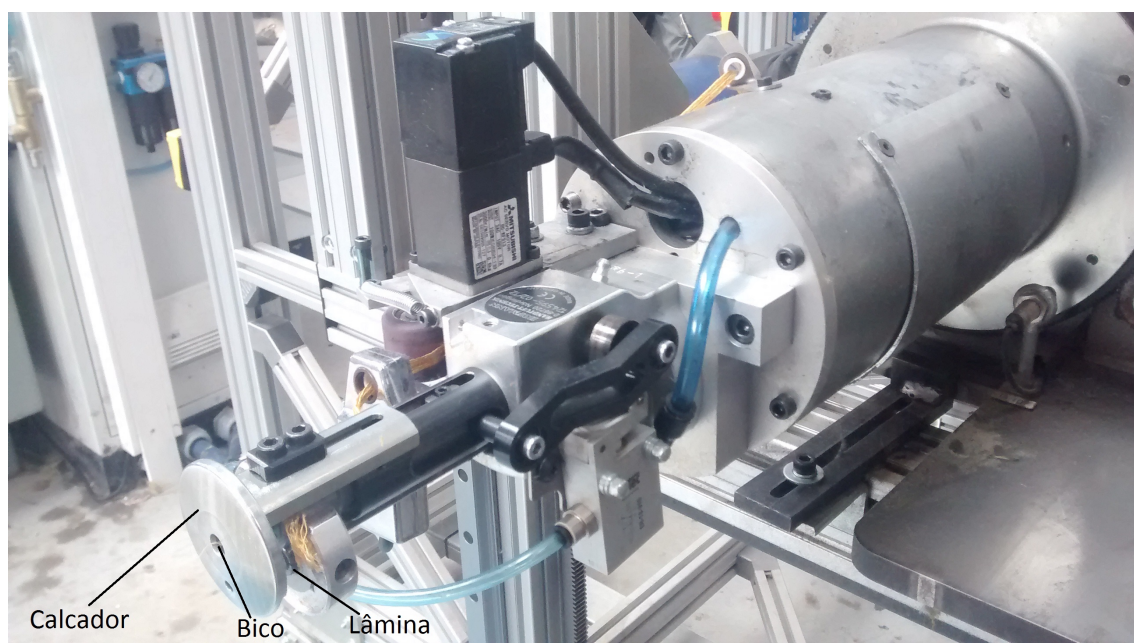


Figura E.1: Fotografia da cabeça legendada (usada em 6 robots)



## Anexo F

# Instrução de trabalho para o uso de (pelo menos) 2 lâminas

### INSTRUÇÃO DE TRABALHO – UTILIZAÇÃO DE (PELO MENOS) 2 LÂMINAS

- 1) Os operadores têm de trabalhar com pelo menos duas lâminas. Sempre que iniciam uma carpeta nova, terão de a começar, por exemplo, com duas lâminas iguais. Estas podem ser novas ou não (sendo incentivada a reutilização de lâminas), apenas precisam de estar muito parecidas a nível de tamanho e desgaste. Se os operadores não tiverem lâminas praticamente iguais nas gavetas do posto de trabalho, devem falar com o responsável da manutenção para lhe solicitar.
- 2) Chegando o momento em que a lâmina que está no robot deixa de cortar bem o fio, para-se o robot e nesse instante troca-se a lâmina pela outra que já está afiada e pronta para ser utilizada.
- 3) Depois de fazer a troca da lâmina e o robot estar em produção, o operador deve ir de seguida afiar a lâmina que retirou do robot. Este afiamento tem de ser feito com muita precisão e cuidado por parte do operador visto que as lâminas com que este está a trabalhar têm de ter sempre alturas semelhantes, para que não haja alterações do ponto na carpeta. As lâminas afiadas prontas para produção devem sempre ser colocadas no suporte representado na figura.



- 4) Chegando à passagem de turno, o operador tem obrigação em passar as 2 lâminas para o operador do turno seguinte, para que este continue o trabalho que está a ser executado.

Figura F.1: Instrução de trabalho para o uso de (pelo menos) 2 lâminas





## Anexo G

# Modelo de registo do reaproveitamento de lâminas

		REGISTO DE LAMINAS REUTILIZADAS			Mod.117/0 Pág. 1 de 1
		Robot:			
Data	Nº Ficha Produção	Qtdd./Tipo de Lâmina			Colaborador
		Grande	Média	Pequena	
___/___/___	___-___-___				
___/___/___	___-___-___				
___/___/___	___-___-___				
___/___/___	___-___-___				
___/___/___	___-___-___				
___/___/___	___-___-___				
___/___/___	___-___-___				
___/___/___	___-___-___				
___/___/___	___-___-___				
___/___/___	___-___-___				
___/___/___	___-___-___				
___/___/___	___-___-___				

Figura G.1: Modelo de registo do reaproveitamento de lâminas usadas



## **Anexo H**

# **Inquérito entregue aos operadores**

Anexo nas páginas seguintes.

# Inquérito para melhoria das Operações - Produção Robot Tufting TFS

Estudo em desenvolvimento, no âmbito da Dissertação do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, com o tema "Eficiência Operacional na Indústria das Tapeçarias" - mais concretamente na Tapeçaria Ferreira de Sá.

Peço que tentem responder da forma mais séria e completa possível para se conseguir retirar alguns dados proveitosos.

Desenvolvido por Francisco Araújo.  
Alguma questão, contatar [faraujo@tfs-sa.com](mailto:faraujo@tfs-sa.com).

ENTREGAR NO DEPARTAMENTO DE QUALIDADE.

## 1. Nome e Turno

.....

## 2. Qual é a principal causa para os robots não estarem em produção durante mais tempo?

Indique as principais paragens.

.....

.....

.....

.....

.....

## 3. Como seria possível fazer a preparação do robot (mudar cabeça, mudar ou afiar lamina, etc.) em menos tempo?

Apresente a sua sugestão de melhoria.

.....

.....

.....

.....

.....

**4. Trabalha com 2 lâminas em simultâneo? Justifique a sua resposta.**

.....

.....

.....

.....

.....

**5. Assim que termina a produção de uma carpete e quando se tem de mudar a estrutura (tela), este processo poderia ser mais rápido?**

Apresente a sua sugestão de melhoria.

.....

.....

.....

.....

.....

**6. O que faz para preparar a produção da carpete seguinte?**

.....

.....

.....

.....

.....

**7. Tem dificuldades em encontrar o fio (prateleira, carrinho) quando inicia a produção de uma carpete?**

Apresente a sua sugestão de melhoria.

.....

.....

.....

.....

.....

**8. Faz sempre o preenchimento dos vários campos do SPAIP quando o robot está em produção?**

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Nunca
- ☐ Por vezes
- ☐ Quase sempre
- ☐ Sempre

9. **Tem as condições e ferramentas necessárias perto do seu posto de trabalho?**

No caso de faltar, indique o quê.

.....

10. **Como seria possível melhorar os métodos de trabalho nos robots?**

.....

.....

.....

.....

.....

11. **Como considera o ambiente de trabalho/espírito de equipa no seu turno?**

*Marcar apenas uma oval.*

1      2      3      4      5

Muito mau

☐☐☐☐☐

Muito bom

12. **Quais são as suas tarefas mais importantes durante a execução do seu trabalho?**

.....

.....

.....

.....

.....

13. **Acha necessária alguma formação? Sobre quê?**

Exemplos: Melhoria contínua, manutenção de robots, calibração dos sensores de fio, acertar o ponto, etc.

.....

.....

.....

.....

.....


Com tecnologia




## **Anexo I**

# **Planta da Produção**


Anexo na página seguinte.




Todos os Robot's




TURNO 1



TURNO 2

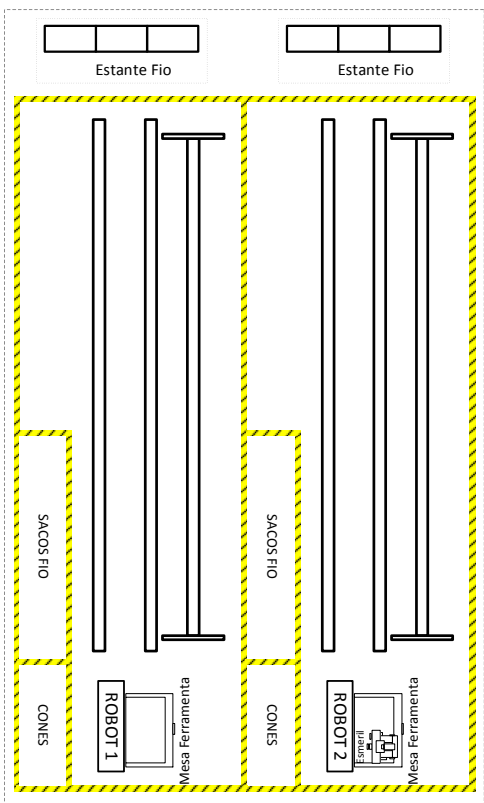
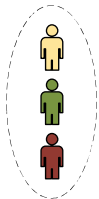


TURNO 3

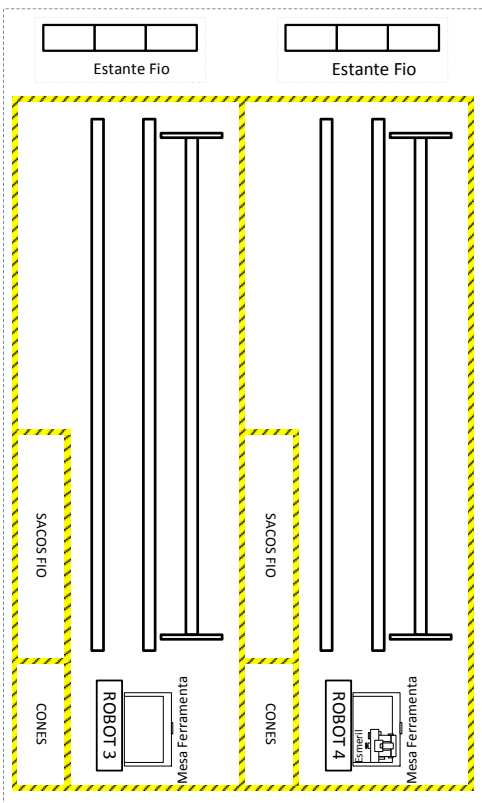
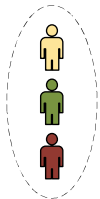


MANUTENÇÃO

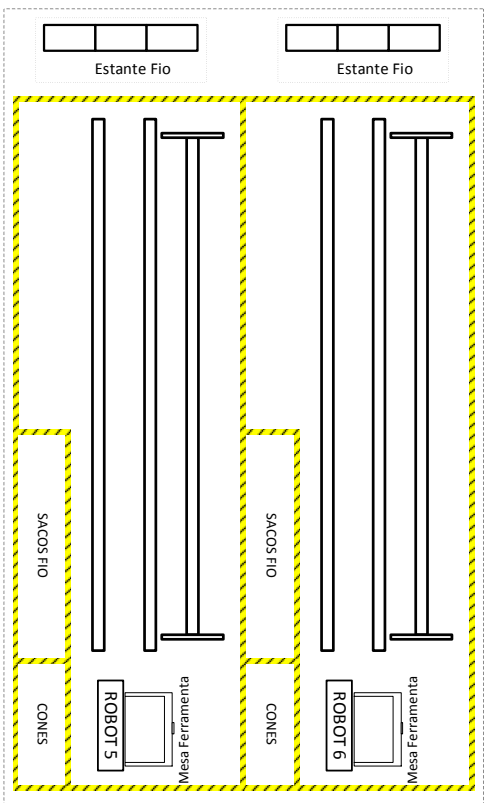
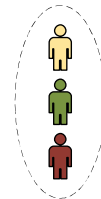
ZONA 12



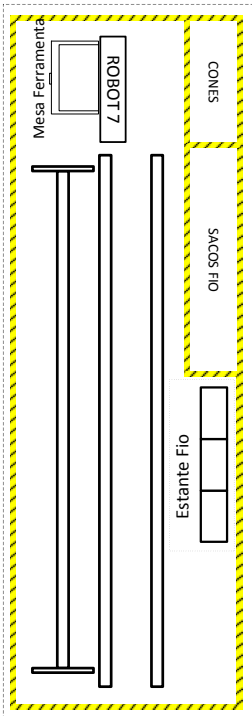
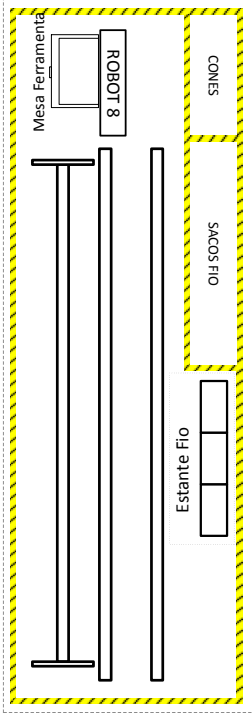
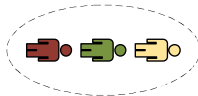
ZONA 34



ZONA 56



ZONA 78





## Anexo J

### Sugestões de Melhoria

- Planeamento de produção

Atualmente o planeamento apenas consegue agendar produções para 1/2 dias. Em conjunto com equipa de designers e equipa de fio têm de ser capazes de conseguir fazer o planeamento para alguns dias. . Situações como interrupção de determinado robot para produzir algo com mais urgência, por faltar fio, por haver erros com os desenhos seriam evitadas devido à melhor preparação de todos os envolvidos.

- Produção de amostras

No caso das amostras, o autor sugere que estas deviam ser produzidas em específico por um operador experiente e apenas num robot devido à sua importância (especificação de parâmetros e amostras para aprovação de projetos por parte de clientes). Estas praticamente não conseguem ser planeadas porque o seu aparecimento é muito imprevisto e com deadlines urgentes.

- Avarias

Estudo das principais avarias ocorridas nos robots com o objetivo de fazer manutenções preventivas com regularidade a fim de evitar paragens extensas para resolver essas situações.

- Sistema de cálculo do OEE

Após a implementação do novo sistema de informação, desenvolver sistema de cálculo do OEE. Atualmente apenas se calcula a produtividade global através do quociente entre o tempo que está a produzir sobre o tempo total disponível para produzir.

- *Andon Dashboard*

Colocação de um painel na área de produção, que mostra em tempo real as produções pendentes (ordenadas por data de entrega) e apresenta também avisos no caso de um início de produção em determinado robot for superior a 30 minutos e no caso de haver paragens provocadas pelo operador superiores a 10 minutos. Este painel iria dar um feedback em tempo real aos operadores, apresentando-lhes as várias produções em espera e as paragens

ocorridas. Assim, com essas informações à vista de “todos”, haveria mais responsabilidade e empenho em fazer melhor.

- Processos da empresa

Melhorar os processos do fluxo de produção. Foi visível que por vezes não há uma definição clara de quem é o responsável da operação; é muito importante haver uma definição de tarefas e responsabilidades. A definição dos processos e o melhoramento do fluxo de informação entre os vários departamentos iria trazer melhorias significativas e uma redução do lead time da empresa. Segundo um relatório da Toyota de 2003 ([Jones 2003](#)), é resumido o progresso incrível da empresa na seguinte frase: *“Brilliant process management is our strategy. We get brilliant results from average people managing brilliant processes. We observe that our competitors often get average (or worse) results from brilliant people managing broken processes.”*

- Lean Game

Jogar um *Lean Game* com os colaboradores da empresa onde se consegue transmitir e compreender as enormes vantagens do pensamento Lean e que estas só aparecem com a ajuda de todos. Além do jogo, dar uma formação sobre Lean em que o objetivo é criar motivação e interesse pela melhoria contínua, desde a produção à concepção dos desenhos.